DIE NATURWISSENSCHAFTEN

19. Jahrgang 26. Juni 1931 Heft 26

Natürliche Bildungsweisen des Erdöls.

(Eine zusammenfassende Darstellung.)

Von Fritz Rosendahl, Bottrop.

1. Einleitung.

Da sich in letzter Zeit verschiedene Forscher und Autoren mit der Theorie der Erdölbildung von neuem befaßt haben, wovon einige sogar einen Zusammenhang zwischen Kohle und Erdöl feststellen wollen, scheint es angebracht, eine vergleichende Übersicht über das ganze Gebiet zu geben. Es sei gleich von vornherein gesagt, daß es trotz all der neuen Erkenntnisse, sowohl auf technischem als auch auf wissenschaftlichem Gebiet, bisher nicht gelungen ist, die Theorie von Engler-Höfer über die natürliche Entstehung des Erdöls als erledigt hinzustellen, wenn auch damit nun nicht behauptet werden soll, daß diese Theorie als die einzig mögliche zu betrachten sei, denn auch sie hat manche Frage noch ungeklärt gelassen: Menschenwerk ist nur Stückwerk, und jede neue Erkenntnis ist nur eine Stufe auf dem dornenreichen Wege zur reinen Wahrheit. So müssen wir uns auch bei der Betrachtung der Entstehung des Erdöls sagen, daß dieser so verschieden zusammengesetzte Stoff und der an so verschiedenen Punkten der Erde zum Vorschein kommt, auch auf verschiedene Art und Weise entstanden sein kann. Es gibt bekanntlich Erdöle paraffinischen, hydroaromatischen und auch aromatischen Charakters und dann daneben noch die verschiedensten Gemische dieser Möglichkeiten untereinander.

Überhaupt sagt ja der Name „Erdöl" gar nichts über den Ursprung dieses Öles aus, denn jede auf der Erde gefundene ölige Substanz ist eben Erdöl. Will man sich nun die Mühe machen, die Bildungsweise des Erdöls in der Natur genau festzulegen, so wird man bald auf ungeahnte Schwierigkeiten stoßen, und man wird einsehen, daß es nur möglich ist, in großen allgemeinen Zügen ein Bild über die Entstehung dieser wunderbaren Substanz zu entwerfen. Wie sich das dann auf die einzelnen Vorkommen anwenden läßt, das bleibt letzten Endes dem Scharfsinn des einzelnen überlassen und erfordert ein genaues geologisches Studium der betreffenden Gegend. Hiermit werden wir uns nicht befassen. Es soll eben nur ein allgemeiner Rahmen geschaffen werden.

2. Anorganische Bildungsweisen.

Es ergibt sich aus der Natur der Sache, daß sich bei dieser Zusammenstellung nicht eine Vollständigkeit erreichen läßt. Dies ist auch gar nicht erwünscht, denn wollte man all der Arbeiten gedenken, die in den letzten Jahren auf diesem Gebiete erschienen sind, so könnte man dickleibige Bücher verfassen, und außerdem würde es nur die Geister unnötig verwirren und manches Wesentliche würde in einem Wust von lächerlichen Theorien untergehen. Da, wo keine direkten Beweise geführt werden können, ist es ja auch für einen etwas phantasievoll veranlagten Menschen ein leichtes, seinen Geist das Unmöglichste erdenken zu lassen, und ein jeder ist auch überzeugt, das allein Richtige gefunden zu haben. Wir halten uns aber zusammen mit Liebig an das Experiment und werden deshalb auch nur die Arbeiten in den Kreis der Betrachtung ziehen, die sich auf einer experimentellen Grundlage stützen.

Wie ja reichlich bekannt, gibt es in der Erdölchemie zwei Richtungen, die sich fast diametral gegenüberstehen: die anorganische und die organische Bildungsweise. Unter der ersteren Bildungsweise versteht man die Entstehung des Erdöls aus anorganischem Material, das in irgendeiner Form Kohlenstoff enthält, der dann wiederum für sich mit anderen anorganischen Verbindungen, z. B. Wasser, reagiert, um auf diese Weise Erdöl zu bilden. Dies war auch vom historischen Gesichtspunkt aus überhaupt die erste Theorie, die über die Entstehung des Erdöls geschaffen wurde, und es war kein Geringerer als Mendelejeff, der sie uns schenkte. Er gilt auch heute noch als Vertreter dieser Theorie, während alle anderen nachfolgenden Arbeiten nur Ergänzungen zu seinen Ansichten darstellen.

Mendelejeff (1) knüpfte bei der Aufstellung seiner Anschauungen an die Beobachtungen an, daß bei der Einwirkung von Salzsäure auf eisenkarbidhaltiges Eisen neben Wasserstoff auch Kohlenwasserstoffe der verschiedensten Art entstehen (2). Wie man heutzutage weiß, handelt es sich in der Hauptsache hierbei um ungesättigte aliphatische Verbindungen, die nur wenig flüssige Produkte enthalten. Da man nun schon seit langem annahm — gestützt auf das spezifische Gewicht der Erde und ihre magnetischen Eigenschaften —, daß in dem Kern der Erde kohlenstoffhaltiges Eisen enthalten sei, so kam er eben auf den an sich einfachen und logischen Gedanken, daß das in die Tiefe dringende Wasser in Form von Wasserdampf auf die Karbide einwirke, um den darin enthaltenen Kohlenstoff in Form von Erdölkohlenwasserstoffen mit sich zu reißen. Für diese Theorie ist keine experimentelle Stütze vorhanden, und trotz eifrigster Bemühungen ist es bis heute noch nicht gelungen, durch Einwirkungen von Wasserdampf auf kohlenstoffhaltiges Eisen irgendwelche Kohlenwasserstoffe zu erhalten. Bei der Einwirkung von Salzsäure auf das kohlenstoff-

haltige Eisen hat man eben ganz andere Verhältnisse als bei reinem Wasser, es sei denn, daß man die Spaltung des Wassers in H^+ und OH^- annehmen wollte, die aber erst bei Temperaturen in der Nähe von 1000° eintritt. Was auch noch dieser Bildungsweise widerspricht, ist die Tatsache, daß in relativ nicht sehr großen Tiefen reichlich wasserundurchläßliche Schichten vorhanden sind, die dem Wasser den Zutritt zu dem Kern der Erde verwehren.

Etwas glücklicher waren Überlegungen, die sich auf experimentelle Beobachtungen stützen konnten (3). Diese Versuche führten zu der Annahme, daß nicht Wasser, sondern Meerwasser unter hohem Druck in das Innere der Erde gepreßt worden sei und daß das in diesem enthaltene Magnesiumchlorid die Erdölbildung versucht habe. Es konnte nämlich gezeigt werden, daß beim Einwirken von Magnesiumchlorid — das in der Hitze durch Wasser bekanntlich leicht hydrolytisch gespalten wird — in Lösung auf Eisenkarbid flüssige Kohlenwasserstoffe gebildet werden. Durch die Hydrolyse des Magnesiumchlorids entsteht eben Salzsäure, deren Wirkung ja bekannt ist. Es mag sein, daß auch hier noch der status nascendi als erschwerend hinzukommt. Dadurch war es also zum erstenmal möglich, einen Vorgang aus der Natur im Laboratorium nachzuahmen, jedoch ist damit nun keineswegs bewiesen, daß der Vorgang auch tatsächlich stattgefunden hat.

Im vorstehenden hat es sich bis jetzt nur immer um Eisenkarbid gehandelt. Es ist aber wohl anzunehmen, daß, wenn in der Erde eine Karbidbildung stattgefunden hat, nicht nur das Eisen den gesamten Kohlenstoff an sich riß. Es können auch noch andere Karbilde entstanden sein. Unter ihnen ist das bekannteste das Calciumkarbid (4), das sich bei hohen Temperaturen aus Kalk und Kohle bildet. Da nun aus all diesen Karbiden mit Wasser Kohlenwasserstoffe der verschiedensten Art entstehen, z. B. aus Calciumkarbid Acetylen, aus Aluminiumkarbid Methan, so sollten eben aus diesem Gemenge von Karbiden beim Abkühlen der Erde unter 100° und beim Eindringen von Wasser die verschiedenen Kohlenwasserstoffe entstehen. Diese gasförmigen Kohlenwasserstoffe sollten dann durch Polymerisation und Kondensation das Erdöl ergeben. Als Stütze für diese Anschauung wurde die Tatsache angeführt, daß die Spektren von Kometenstreifen Kohlenwasserstoffdämpfe erkennen lassen und daß man asphaltartige Stoffe in Meteoren gefunden hat. So schön diese Tatsachen auch sind, so können sie doch nicht als endgültiger Beweis für die anorganische Bildungsweise des Erdöls gelten, denn z. B. die in den Meteoren gefundenen asphaltartigen Stoffe sind kein Beweis für die Bildung aus Karbiden, höchstens ein Beweis dafür, daß außer auf unserer Erde auch auf anderen Planeten Erdöl entstanden ist. Sollte dies letztere der Fall sein, so kann man daraus vielleicht den etwas gewagten aber nicht so ganz von der Hand zu weisenden Schluß ziehen, daß auch auf anderen Planeten organisches Leben möglich ist. Ich sage das hier in Beziehung auf die später noch zu besprechenden organischen Bildungsweisen.

Zu erwähnen wäre dann noch eine Bildungsmöglichkeit, die auf der Erkenntnis von SABATIER (5) beruht. Dieser Forscher — den man den Vater der Hydrierung nennen könnte — hatte gefunden, daß Acetylen in Gegenwart von Katalysatoren je nach der Art in Abwesenheit oder Anwesenheit von Wasserstoff je nach den herrschenden Temperaturen in die verschiedensten Kohlenwasserstoffe übergeführt werden kann, die entweder dem pennsylvanischen, dem galizischen, dem russischen oder dem javanischen Erdöl gleichen. Da nun, wie schon gesagt, in der Erde die Karbide der Erdalkalien vorhanden sind, so könnte durch Einwirkung von Wasser, je nach den örtlichen Verhältnissen, ein anderes Gemisch von Wasserstoff und Acetylen entstehen, und da die in Frage kommenden Katalysatoren wie Nickel, Kobalt und vor allem Eisen, fast überall vorhanden sind, so bestände die Möglichkeit, daß sich ganz verschiedenes Erdöl bildet. Auch in neuerer Zeit ist eine Hydrierung von Kohlenwasserstoffen im Erdinnern zur Diskussion gestellt worden, allerdings in einem anderen Zusammenhang. Es sei hier gleich gesagt, daß ich einen derartigen Vorgang im Erdinnern für unmöglich halte. Wir müssen uns daran gewöhnen anzunehmen, daß sich alle diese Stoffe, wie Erdöl, Steinkohle, Asphalt usw., langsam und allmählich ohne gewaltsame Eruptionen oder dergleichen gebildet haben und daß sie in der Hauptsache durch *Abbau* vorhandener komplizierter Stoffe entstanden sind.

Die nach den vorstehenden Synthesen gebildeten erdölartigen Substanzen unterscheiden sich aber in einem sehr wesentlichen Punkte von dem natürlich vorkommenden Erdöl, sie sind sämtlich optisch inaktiv, während das Erdöl stets optisch aktiv ist. Aus diesem Grunde muß auch die Bildung auf anorganischem Wege abgelehnt werden. Nun haben allerdings die Anhänger der anorganischen Bildungsweise des Erdöls gesagt, daß die optische Aktivität bei anorganisch entstandenem Erdöl noch nachträglich nach der Entstehung und fertigen Ablagerung in den einzelnen Schichten aufgetreten sein könnte entweder dadurch, daß durch irgendwelche Einwirkungen rechtsdrehende Kohlenwasserstoffe mehr zerstört worden seien als linksdrehende oder umgekehrt, oder daß das anorganisch entstandene Erdöl bei seiner Wanderung durch das Erdreich irgendwelche optisch aktive Substanzen aufgelöst hat. Wie nun einwandfrei nachgewiesen worden ist, beruht die optische Aktivität des Erdöls auf Cholesterin oder dessen Spaltprodukten. Das Cholesterin ist aber bekanntlich ein tierisches Produkt.

Warum sollte da nun das Erdöl erst im Innern der Erde entstehen, um dann an geeigneter Stelle

auf tierische Reste zu stoßen, um aus ihnen das Cholesterin herauszulösen? Dabei ist doch auch noch bekannt genug, daß das Cholesterin nur in sehr geringen Mengen im Organismus vorkommt. Ist es da denn wohl nicht eher denkbar, daß ein abgestorbener Organismus sich in Erdöl verwandelt und er dabei das Cholesterin auflöst? Doch hiervon später mehr.

Doch um der Gerechtigkeit freien Lauf zu lassen, sollen hier auch noch die Arbeiten erwähnt werden, die in neuester Zeit wieder versuchten, der anorganischen Bildungsweise einen neuen Halt zu geben. In dem einen Falle wurde in Anlehnung an SABATIER zwar nicht vom Acetylen, aber vom Äthylen ausgegangen (6). Auch hier wie dort mußte ein hoher Druck und ein Katalysator angewandt werden. Da man nun keine Bildungsweise für das Äthylen im Erdinnern weiß, muß man auch in diesem Falle wiederum auf die Karbide zurückgreifen, die aber doch nur hypothetischer Natur sind. Das eine, was aus diesen Versuchen abgeleitet werden kann, ist das, daß durch Katalysatoren und Druck eine nachträgliche Polymerisation der Olefine im Erdinnern stattfinden kann, da man nämlich die Versuche mit Äthylen auch auf andere höhere Olefine mit viel Erfolg angewandt hat.

In diesem Zusammenhang sei dann noch einer Synthese des Erdöls gedacht, die in letzter Zeit mit Recht viel Aufsehen erregt und die uns ungeahnte Möglichkeiten für die Herstellung von künstlichem Erdöl in die Hand gegeben hat: die Hydrierung des Kohlenoxyds zu Methan und allen seinen Homologen bis herauf zu den festen Paraffinen (7). Es ist ja letzten Endes nichts anderes als die chemische Reaktion der Wassergasbestandteile untereinander. Gesetzt nun den Fall, daß der Wasserdampf beim Eindringen in die Erde auf glühenden Kohlenstoff gestoßen ist — man kann schon annehmen, daß in sehr heißen Erdzonen noch Kohlenlager vorhanden sind —, so war ja die Bildungsmöglichkeit für Kohlenoxyd und Wasserstoff gegeben. Es ist auch darum von besonderem Interesse zu erfahren, daß es tatsächlich in der Natur Gasgemische gibt, die den Voraussetzungen der Erdölsynthese aus Kohlenoxyd und Wasserstoff entsprechen. Aus den Gasanalysen der Erdgase des Mont Pelé auf Martinique ist das richtige Verhältnis ohne weiteres zu erkennen (8). Diese Möglichkeit der Erdölbildung bietet auch insofern noch einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit, weil sie ohne Druck vor sich geht. Aber auch hier muß darauf hingewiesen werden, daß die synthetischen Produkte vollständig optisch inaktiv sind und auch dadurch diese Synthese nur für praktische Zwecke in Frage kommt.

Mit dieser letzten Erwähnung sind nunmehr alle anorganischen Bildungsmöglichkeiten erschöpft, und all dem Gesagten ist wohl auch kaum noch etwas hinzuzufügen. Es sei hier nur nochmals betont und die Bitte ausgesprochen, daß man nun nach all diesen Erfahrungen es aufgeben sollte, neue Theorien anorganischen Ursprungs aufzustellen oder durch Versuche zu versuchen, die alte Theorie zu stützen. All das belastet nur unnötig die Literatur und erweckt eher den Eindruck, daß sich der Schreiber einen Namen machen will, als daß er ernsthaft an seine Theorie glaubt. Es ist ja überhaupt so leicht die Beobachtung zu machen, daß viele Autoren schreiben, um das Papier mit Buchstaben zu bedecken, während sie selbst schon bei einer etwas reiferen Überlegung zu der Überzeugung kommen würden, daß sie sich auf falschen Wegen befinden. Spekulationen kann man eben in einer ernsten Wissenschaft nicht brauchen, sondern das sollte man doch lieber den Scharlatanen überlassen. Auch sollte ein Forscher von Ruf seinen Namen nicht dazu hergeben, um ziemlichen Unfug zu decken, wie das leider so oft zu beobachten ist. Es lag mir darum auch ferne, zu all den entwickelten und noch zu entwickelnden Theorien noch eine neue hinzuzufügen. Es galt mir nur, das im Laufe der Zeit Bekanntgewordene zusammenfassend darzustellen, und ich überlasse es jedem einzelnen vollständig, das, was ihm am meisten zusagt, für sich herauszunehmen. Ich bin geneigt, bei all diesen Mutmaßungen zu sagen: Vielleicht hat nur der eine von vielen recht, oder wir wissen alle noch nichts. Wenn es mir mit meinen Zeilen gelingen sollte, dem Anschwellen der Literatur über die Erdölbildung auch nur ein klein wenig Einhalt zu tun, so würde schon viel erreicht und ein Zweck dieser Zeilen erfüllt sein.

3. Organische Bildungsweisen.

Wie ich am Anfang des vorigen Kapitels sagte, kann man MENDELEJEFF als den Vertreter der anorganischen Bildungsweise des Erdöls bezeichnen, weil er der erste war, der diese Bildungsmöglichkeit in Betracht zog. Und ebenso haben wir nun im anderen „Lager", dem Lager der organischen Bildungsweise, einen Vertreter, der den Anstoß zu diesem Fragenkomplex gegeben hat, und zwar den bekannten Erdölforscher ENGLER (9), der in Gemeinschaft mit HÖFER seine Theorien ausarbeitete.

Bei der Druckdestillation von tierischen Fetten in gekrümmten, schwer schmelzbaren Röhren konnte ENGLER die Feststellung machen, daß beim mehrmaligen Wiederholen dieser Versuche mit ein und derselben Substanz diese allmählich in erdölähnliche Kohlenwasserstoffe überging und auch eine optische Aktivität deutlich erkennen ließ. Und das war ja einer der springendsten Punkte. In Gemeinschaft mit dem Geologen HÖFER machte dann ENGLER große Forschungsreisen, um Material für seine Theorie zu sammeln, wobei er letzten Endes zu folgenden Resultaten kam:

In flachen Meerbuchten und in Meerbusen — die später durch irgendwelche Ereignisse vom eigentlichen Meer getrennt wurden — sammelten sich riesige Mengen abgestorbenen tierischen

Materials — Makro- und Mikrofauna. Daß hierbei zugleich auch fett-, eiweiß- und wachshaltige Mikroflora mitgerissen wurde, um sich mit den tierischen Resten zu mengen, kann nicht geleugnet werden und spielt auch für die Entwicklung der Ansicht gar keine Rolle. Als erstes Stadium der Erdölbildung muß man also die Anhäufung dieser abgestorbenen Organismen ansehen. Hierauf folgt nun ein Fäulnis- und Verwesungsprozeß unter Ausschluß von Luft, wie wir ihn auch heute noch in Sümpfen feststellen können. Hierbei werden die Fette quantitativ zu Glycerin und Fettsäure verseift. Infolge seines Sauerstoffgehaltes werden das Glycerin und ebenso die Eiweißstoffe und Hemicellulosen biologisch verzehrt und tragen nur durch Bildung von Bakterienfett indirekt zur Erdölbildung bei, indem später auch diese Bakterien ihrerseits durch Fäulnis usw. in Erdöl übergehen. Wir haben hier denselben Vorgang, wie wir ihn bei der Torfbildung als Vorstufe zur Kohle kennengelernt haben, auch da dienten die sauerstoffreichen Kohlehydrate und die Eiweißstoffe als Bakterienahrung und waren bald verschwunden (10).

Weiterhin nimmt dann ENGLER an, daß durch Einwirkung von Mikroorganismen die Fettsäuren einer weiteren Veränderung unter Abspaltung von Wasser und Kohlendioxyd unterworfen würden. Die Säuren verlieren also ein Kohlenstoffatom. Aber damit haben wir noch nicht das fertige Erdöl vor uns, sondern erst jetzt fängt der eigentliche Bildungsprozeß an, indem die vorliegenden langen Kohlenstoffketten durch über lange Zeiträume verteilte und unter dauerndem gelinden Ansteigen der Temperatur vor sich gehende Zersetzung allmählich zerschlagen werden. Der Prozeß soll von gewissen Destillationserscheinungen begleitet gewesen sein. Er nimmt auch an, daß der Prozeß nicht so glatt verlaufen ist, und vor allen Dingen soll dabei ein großer Druck geherrscht haben. Bekanntlich stehen ja alle Erdölnester unter hohem Druck. Dieser hohe Druck hatte in der Hauptsache die Aufgabe, das Aufspalten zu kleinsten Molekülen zu verhindern, ja dadurch soll sogar ein Wiederaufbau von größeren Kohlenstoffketten aus niederen Gliedern stattgefunden haben, und außerdem sollen die entstandenen Olefine durch Anlagerung von Wasser oder anderen Kohlenwasserstoffen schmierölartige Produkte gebildet haben. Daß das letztere möglich ist, ist ja oben an dem Beispiel des Acetylens und Äthylens bewiesen worden.

So schön nun alle diese Gedankengänge auch sind, so haftet ihnen aber noch ein großer Fehler an. Betrachtet man sich die Sache genauer, so muß man feststellen, daß die ersten Phasen der Erdölbildung durch Bakterien eingeleitet und zu Ende geführt werden, während in der letzten und wichtigsten Stufe nur ein rein chemisch-physikalischer Vorgang stattfindet. Daß dem aber nicht so ist, wird weiter unten noch gezeigt werden. Hier soll nur schon gesagt sein, daß auch die letzte Umwandlungsphase ein biologischer Prozeß ist.

Gelegentlich wurde schon bei Betrachtung der anorganischen Bildungsweisen des Erdöls darauf hingewiesen, daß das natürliche Erdöl optisch aktiv ist und daß man diese Erscheinung wohl auf das Cholesterin oder dessen Abbauprodukt zurückführen muß. Die chemische große Widerstandskraft des Cholesterins ist im Laboratorium schon des öfteren bewiesen worden (11). Zur weiteren Bestätigung der Annahme des Cholesterins als Träger der optischen Aktivität wurde das Cholesterin einer trockenen Destillation unterworfen und die erhaltenen Produkte künstlichem Erdöl beigefügt. Es ergab sich eine geringe optische Aktivität.

Angeregt durch diese Versuche, sind einige Forscher so weit gegangen, dartun zu wollen, daß das Erdöl ausschließlich aus dem Cholesterin entstanden sein solle! (12) Das ist natürlich ein viel zu weit gezogener Schluß, denn man muß bedenken, in welch geringen Mengen das Cholesterin im tierischen Organismus vorkommt und welch ungeheuere Mengen nötig wären, um all das bis jetzt produzierte Erdöl daraus entstehen zu lassen. Es war zu erwarten, daß diese Behauptung viel Widerspruch in der Literatur hervorrufen würde (13), wodurch dann auch eine Verbesserung der Ansicht veranlaßt wurde, indem eben das Cholesterin nur noch für die optische Aktivität in Frage kommen sollte (14). Zu gleicher Zeit wurde auch gezeigt, daß, entsprechend den Anschauungen ENGLERS tatsächlich die Fette als Ursubstanz des Erdöls herangezogen werden müssen. Denn in umfangreichen Experimenten konnte festgestellt werden, daß die Ölsäure bei ihrer Zersetzung flüssige Kohlenwasserstoffe lieferte, die Palmitin- und Stearinsäure dagegen fast ausschließlich Paraffine (15). Hier haben wir also im Laboratorium zum ersten Male eine ziemliche Parallele zur Natur.

Das einzige, was gegen diese Versuche angeführt werden kann, ist das, daß sie mit einem Katalysator durchgeführt wurden, der in der Natur wohl niemals anzutreffen sein wird, nämlich Aluminiumchlorid. Jedoch tut diese Tatsache den Feststellungen der Umwandlungen insofern keinen Abbruch, als wir in der Natur ja Zeitspannen haben, von der sich der Mensch gar keinen Begriff machen kann. Was wir mit unserer Kunst im Laboratorium erreichen in kurzer Frist, das erreicht die Natur genau so, nur daß sie Tausende von Jahren dazu benötigt. In diesem Falle ist es ja schließlich auch Nebensache, ob wir es mit einem katalytischen Prozeß oder mit einer Destillation im Sinne ENGLERS zu tun haben. Der Endeffekt ist derselbe und auch das Ausgangsmaterial. In beiden Fällen ist aus Fetten oder fettverwandten Stoffen eine erdölartige Flüssigkeit entstanden.

Die Frage, ob Erdöle durch Vergärung von Cellulosen oder Hemicellulosen entstehen können, ist mehrfach studiert worden (16). Hierbei entwickelt sich bekanntlich Kohlendioxyd und Methan,

aber keine höheren Kohlenwasserstoffe. Im Anschluß daran ist dann vor einigen Jahren versucht worden, die Methangärung zu beeinflussen, indem man sie unter ganz hohem Druck vor sich gehen ließ, um zu sehen, ob dann höhere, in der Hauptsache flüssige Kohlenwasserstoffe entstehen würden. Rein physikalisch-chemisch wäre es ja denkbar, daß unter dem wachsenden Druck die Bildung flüssiger Kohlenwasserstoffe vor gasförmigen bevorzugt würde, so daß man Cellulose und Zucker gewissermaßen in Benzin verwandeln könnte. Ein Erfolg war aber versagt (17). In diesem Zusammenhang sei dann die biologische Bildung von Methan aus Kohlenoxyd und Wasserstoff erwähnt (18).

4. Die „Deckschichten-Theorie".

Nach diesen kurzen Abschweifungen kehren wir nunmehr zur Bildung von Erdöl aus ausgesprochen marinem Material zurück. Es gibt unzweifelhaft viele Möglichkeiten zur Ansammlung großer Mengen abgestorbener mariner Tiere. Eine solche kann durch Änderung der Lebensbedingungen für Salzwasserfauna eintreten, z. B. plötzliches Mischen von Salzwasser mit Süßwasser, durch Hebung von Meeresküsten, durch Abschnüren von Buchten vom freien Meer u. dgl. Die so abgestorbene und sich ablagernde Fauna wird dann im Laufe der Zeit durch eine luftundurchlässige Tonschicht überlagert und zersetzt sich dann in der oben geschilderten Weise.

Diese Anschauungen haben nun in der letzten Zeit eine glänzende Bestätigung durch Laboratoriumsversuche und Beobachtungen in der Natur gefunden (19). Die Vorgänge bei der Berührung des Erdbodens mit neutralen Salzlösungen sind durch den Austausch von Calcium gegen Natrium von großer geologischer Bedeutung. Die Berührung mit dem Meerwasser ist für die Produkte der Natriumabsorption von großer Bedeutung, weil ihnen dadurch eine große Stabilität verliehen wird. Bei einem erneuten Einbruch von Süßwasser erleiden sie eine Hydrolyse, wodurch OH-Ionen in Freiheit gesetzt werden und eine deutliche alkalische Reaktion festgestellt werden kann. Zu gleicher Zeit wird die Masse undurchlässig für Wasser und Gase. Daher muß die Bakterienwirkung unter einer solchen Schicht anaerob und reduzierend sein.

Die Einwirkung der Bakterien unter einer solchen Deckschicht auf die organische Substanz geht dauernd vor sich und erleidet keine Unterbrechung, weil die Hydrolyse der anorganischen Körper eine dauernd gleichmäßige Alkalinität aufrecht erhält. In einem neutralen Medium entsteht dagegen bald eine saure Reaktion, die die Zersetzung unterbricht. Der Gang der Zersetzung ist demnach ein ganz verschiedener und richtet sich schließlich nur nach den umgebenden Medien. Im ersteren Falle — unter Luft- und dadurch unter Sauerstoffabschluß — hat man es mit Reduktionen durch Anaerobier zu tun, während im zweiten Falle Aerobier eine Oxydation in Gegenwart von Sauerstoff verursachen.

Hier begegnet uns zum erstenmal der Gedanke der biologischen Einwirkung auf organische Substanzen unter ganz bestimmten Deckschichten, d. h. daß die untergegangene organische Substanz erst durch Natrium-Aluminium-Silikatschichten bedeckt werden muß, um dann einer reduzierenden Zersetzung anheim zu fallen. Diese Beobachtungen wurden zuerst auf die Entstehung der Kohle angewandt. Wie der Prozeß im einzelnen verlief, ist in unserem Falle nebensächlich.

Zum Beweis der hier oben angeführten Beobachtungen sind verschiedene Laboratoriumsversuche gemacht worden (20). Die bakterielle Zersetzung verlief nur in einem alkalischen Medium, wobei eine Zersetzung durch Pilze nicht in Frage kam, da diese in einem alkalischen Medium nicht leben können. Es zeigte sich, daß bei der Anwesenheit von Natriumverbindungen die Deckschicht gasdicht abschloß, so daß also eine reduzierende, anaerobe Tätigkeit gewährleistet war. Bei Verwendung von Calciumverbindungen dagegen konnten die entsprechenden Gase entweichen, wodurch Sauerstoff eindrang und Oxydationen veranlaßte.

In der letzten Zeit ist nun die interessante Feststellung gemacht worden, daß nicht nur für die Steinkohle, sondern auch für die Bildung des Erdöls diese Deckschichten maßgebend sind (21). Es ist nämlich über fast allen Erdöllagern ein Natrium - Aluminium - Silikat gefunden worden. Welcher Schluß liegt da wohl näher, als daß die Kohle und das Erdöl unter den gleichen Bedingungen entstanden sind, nur daß bei der Kohle hauptsächlich pflanzliches Ausgangsmaterial vorgelegen hat und beim Erdöl hauptsächlich tierisches. In einem der vorstehenden Abschnitte ist dargelegt worden, wie man sich die Anhäufung von großen Mengen mariner Fauna vorzustellen hat und wie dann das Meerwasser eine Veränderung der Deckschichten verursachte. Diese Beobachtungen sind ein neuer Beweis für die Bildungstheorie von ENGLER-HÖFER.

Das Wichtigste an diesen Arbeiten ist, daß die Bildung von Steinkohle und Erdöl unter vorausgehender Einwirkung von Meerwasser auf Calcium-Aluminium-Silikate durch Austausch von Calcium gegen Natrium stattfindet und daß dies ein in Ruhe verlaufender Prozeß ist, so daß eine Annahme großer geologischer Umwälzungen unter Druck- und Wärmeerzeugung vollständig unnötig ist. Noch wichtiger scheint mir aber die Tatsache, daß Kohle und Erdöl auf die gleiche Weise entstanden sind. Wenn es vor Jahrhunderten auch nur eine philosophische Spekulation war, als man annahm, daß das Erdöl aus der Kohle entstanden sei, so ist das heute nicht mehr so ganz von der Hand zu weisen, wenigstens im Hinblick auf die Entstehungsweise. Vorläufig müssen wir aber daran festhalten, daß das Ausgangsmaterial ein verschiedenes war und daß bis jetzt noch keine

Anzeichen gefunden worden sind, die von einem Übergang der Kohle in Erdöl sprechen.

Wie man sich auch nun zu den Anschauungen über die Deckschichten stellen mag, so stellen sie aber doch eine große Bereicherung unseres Wissens dar und zeigen, daß die früheren Vorstellungen über gewaltsame physikalische Änderungen an der Erdoberfläche immer mehr und mehr durch die Annahme abgelöst werden, daß sie allmählich vor sich gingen, denn sonst wäre es ja gar nicht möglich, daß sich unter den gebildeten Deckschichten die biologischen Vorgänge der Erdölbildung abspielten. Und vor allen Dingen ist wichtig zu bedenken, daß die Erdölbildung nicht nur durch Bakterien eingeleitet wurde, sondern sie auch auf diesem Wege zu Ende geführt wurde. Weiterhin bilden die Arbeiten auch eine sehr wertvolle Erklärung für die Bildung bituminöser Kohlen. Wenn z. B. lignocellulosisches Material mit irgendwelchen Substanzen gemischt ist, die zu Erdöl führen können, so entstehen eben keine reinen Humuskohlen mehr, sondern bitumenreiche Kohlen und darunter auch solche, die direkt vorgebildetes Erdöl enthalten. Es ist bekanntlich beim Arbeiten mit flüssiger schwefeliger Säure gelungen, aus einigen Kohlen erdölähnliche Kohlenwasserstoffe auszuziehen (22).

Wie im vorstehenden wiederholt angedeutet worden ist, ist ein Zusammenhang zwischen Steinkohle und Erdöl nicht so ganz von der Hand zu weisen, und die jüngsten Arbeiten auf diesem Gebiete haben die Angelegenheit von neuem in Fluß gebracht (23). Aber auch schon andere Arbeiten über Kohlenextraktionen (24) und über die trockene Destillation der Kohle bei verhältnismäßig niederen Temperaturen im Vakuum (25) haben gezeigt, daß in den Kohlen hydroaromatische Kohlenwasserstoffe, Naphthene und auch Paraffine enthalten sind, alles Stoffe, die in den natürlichen Erdölen vorkommen. Daraus wurde der Schluß gezogen, daß das Erdöl durch Destillation aus der Kohle entstanden sei, während andererseits cellulosefreie Stoffe als Urmaterial des Erdöls aufgefaßt werden und beide Ansichten darin übereinstimmen, daß das Urmaterial des Erdöls in geringen Mengen bei der Steinkohlenbildung zugegen war.

Nach den neuesten Ansichten nun soll der Faulschlamm pflanzlichen und tierischen Ursprungs das Ausgangsmaterial für Steinkohlen und Erdöl sein, wobei die Erdölbildung eine Zwischenstufe darstellt. Also das Umgekehrte des Alten: die Kohle ist aus dem Erdöl entstanden! Träfe das zu, so könnte man auf diese Weise das vorübergehende Weichgewesensein der Kohle (26) zwanglos erklären und in Ergänzung der biologischen Bildungsweise der Steinkohlen unter Deckschichten konnten die Einflüsse von höherem Druck und Temperatur abgelehnt werden. Auf Grund dieser Annahme kann man ohne einer sehr unwahrscheinlichen Destillation auskommen. Auch hier konnten die Vermutungen durch Versuche im Laboratorium bestätigt werden.

In Gegenwart von Salzen, wie Magnesiumchlorid und Kochsalz, wurde aus einem Gemisch eines künstlichen Faulschlammes und Hefe beim Inkohlungsvorgang flüssige Inkohlungsprodukte erhalten, die sehr wahrscheinlich Erdölcharakter tragen. Nicht nur, daß bei der Analyse eine große Übereinstimmung mit dem Erdöl gefunden wurde, sondern das Öl war vor allen Dingen optisch aktiv, allerdings konnte nicht nachgewiesen werden, ob diese optische Aktivität auf der Gegenwart von Cholesterin beruht.

Wenn man auch diesen Arbeiten vorläufig noch sehr skeptisch gegenüberstehen muß, so stellen sie aber doch ein wichtiges Glied in der Entwicklung der Anschauung über die Entstehung der Bitumina dar und sollten sie sich bestätigen, so würden alle bisherigen Annahmen über den Haufen geworfen. Nur das eine sei hier besonders betont, daß auch hier das Ausgangsmaterial organischer Natur ist.

5. *Hydrierungsvermutungen.*

Die hier zu besprechenden Ansichten halten eine Hydrierung gebildeter ungesättigter Kohlenwasserstoffe in der Erde nicht für unmöglich. In einem Falle (27) wird zunächst vorausgesetzt, daß die abgestorbenen organischen Massen von einem genügend dichten Gestein, wie Ton oder tonigem Mergel, bedeckt sind. Das in den verwesenden Stoffen vorhandene Eisen soll zu metallischem Eisen reduziert werden, das dann seinerseits wieder durch den vorhandenen Schwefelwasserstoff in Schwefeleisen unter Freigabe von Wasserstoff verwandelt wird. Dieser Wasserstoff soll dann die Hydrierung der organischen Reste durchführen. Auch hier dann wieder eine gemeinsame Bildungsweise für Kohle und Erdöl: bei pflanzlichem Material entsteht Kohle, bei tierischem Erdöl. Diese Theorie scheint mir insofern etwas absonderlich, da doch ungeheure Eisenmassen in der organischen Substanz vorhanden sein müssen, um all den Schwefelwasserstoff in Wasserstoff überzuführen, und außerdem bedarf es bei Hydrierungen hoher Temperaturen und Drucke, es sei dann, daß man in diesem Falle den status nascendi berücksichtigt.

Besonders im Hinblick auf die letzteren Momente ist die zweite Ansicht über Hydrierungen bei der Bildung des Erdöls von Interesse, die die in der Technik gemachten Erfahrungen über die Hydrierung von Kohle auf die natürlichen Verhältnisse überträgt (28). Diese Anschauung hat auch noch darum einen besonderen Reiz, weil hier schon wieder auf einen vermeintlichen Zusammenhang zwischen Kohle und Erdöl hingewiesen wird, und zwar in dem Sinne, daß das Erdöl aus der Kohle entstanden sein soll. Würde man diese Anschauung übernehmen und als richtig anerkennen, so müßte man dann auch zu gleicher Zeit die Entstehung der Kohle einer gründlichen Revision unterwerfen. Ich halte es für einfach unmöglich, daß die Kohle auf einem anderen Wege

entstanden ist, als auf dem biologischen. Die von TAYLOR gefundenen Deckschichten sind nicht wegzuleugnen, und es ist auch wohl kaum denkbar, daß nach der Bildung der Kohlen die Bakterien zugrunde gegangen sein sollten und daß nun ein rein chemischer Prozeß eingesetzt haben sollte, um die Kohle in Erdöl umzuwandeln. Vor allen Dingen ist es bis jetzt noch nie gelungen, ein Erdölvorkommen aufzufinden, das in direkter Nachbarschaft zur Steinkohle steht. Und sollte sich da kein Übergang finden lassen? Denn man kommt doch wohl nicht umhin anzunehmen, daß die Erdölbildung auch heute noch im Gange ist und daß es nicht das Privileg vergangener Zeiten ist. Was die Bildung aus Kohle durch Hydrierung anbetrifft, so stützt sich der Autor hauptsächlich darauf, daß das Erdöl stets unter hohem Druck gelagert aufgefunden würde. Dies darf man aber nicht mit einer etwaigen Hydrierung in Verbindung bringen. Wie ja schon wiederholt gesagt worden ist, befinden sich über Erdöllagerstätten wasser- und gasundurchlässige Schichten, wodurch auch Oxydationen vermieden werden. Durch diese Gasundurchlässigkeit erklärt sich auch der hohe Druck. Es ist eine reichlich genug bekannte Tatsache, daß Mikroorganismen Cellulose oder dergleichen zu Methan abbauen, also zu einem Gas, das sich allmählich immer mehr und mehr anreichert und beim Anschlagen eines solchen Lagers das Öl herausdrückt oder selbst entströmt. Größere Wasserstoffmengen sind auch in Erdgasen noch nicht gefunden worden. Neben den erdölbildenden Bakterien kann man noch Mikroorganismen annehmen, die die Fäulnis und Gasbildung verursachen.

6. Zusammenfassung.

Fassen wir noch einmal alles kurz zusammen, was wir im vorstehenden alles erörtert haben, so kommen wir wohl unabweisbar zu dem Schluß, daß es bis jetzt noch nicht gelungen ist, eine bessere Entstehungsmöglichkeit für das Erdöl zu finden als wie ENGLER und HÖFER. Was aus der neuesten Zeit als Besonderes dazu gekommen ist, ist die Deckschichten-Theorie von TAYLOR, die die wertvollste Ergänzung der genannten Theorie darstellt. Man ist fast geneigt zu sagen, daß diese Deckschichten-Theorie der I-Punkt der Theorie von ENGLER ist, weil dadurch doch ein langer Streit endlich zum Abschluß gebracht worden zu sein scheint. Und es sei auch nochmals betont, daß die Art der Entstehung von Kohle und Erdöl wohl dieselbe ist, ihre Entstehungen also sozusagen parallel laufen, daß aber das Ausgangsmaterial ein ganz verschiedenes ist und daß ein chemischer Zusammenhang zwischen diesen so wichtigen Naturprodukten nicht besteht.

Literatur:

1. MENDELEJEFF, Ber. **10**, 229 (1877). — 2. CLOEZ, Jahresber. d. Chem. **1878**, 367 und 1196. — 3. CHARITSCHKOFF, C. **1897 II**, 213; **1898 I**, 137. — 4. MOISSAN, C. r. **122**, 1462 (1896). — 5. SABATIER, C. r. **134**, 1185 (1902). — 6. IPATIEW, Versch. Arbeiten. — 7. FRANZ FISCHER, TROPSCH, I. G. Farbenindustrie, Patart. — 8. Brennstoffchem. **11**, 355 (1930). — 9. ENGLER, Ber. dtsch. chem. Ges. **33**, 7 (1900) — Chem. Ztg **1906**, 711; **1908**, 1192 — Ber. dtsch. chem. Ges. **42**, 4610 (1909) — Chem. Ztg **1912**, 65. — 10. ROSENDAHL, Naturwiss. **19**, 283 (1931). — 11. Arbeiten von H. WIELAND. — 12. ZELINSKY, Ber. dtsch. chem. Ges. **60**, 1793 (1927). — 13. STEINKOPFF, Ber. dtsch. chem. Ges. **61**, 1639 (1928). — 14. ZELINSKY, Ber. dtsch. chem. Ges. **61**, 1054 (1928). — 15. ZELINSKY, Ber. dtsch. chem. Ges. **61**, 1054 (1928). — 16. HOPPE-SEYLER — 17. FRANZ FISCHER, Brennstoffchemie **11**, 356. — 18. LIESKE, Brennstoffchem. **11**, 208. — 19. TAYLOR, Fuel **5**, 195. — 20. TAYLOR, Fuel **6**, 659. — 21. TAYLOR, J. Inst. Petroleum Technol. **14**, 855. — 22. FISCHER u. GLUUD, Abh. Kohle **1**, 54, 64. — 23. TERRES u. STECH, GWF. **73**, Sonderheft, S. 1. — 24. PICTET, Ber. dtsch. chem. Ges. **44**, 2486 (1911); **46**, 3342 (1913). — 25. WHEELER, J. chem. Soc. Ind. **36**, 5. — 26. SCHUSTER, Neues Jb. f. Mineral. usw. **1912 II**, 33. — 27. v. STAHL, Montan. Rdsch. **20**, 550. — 28. v. WEINBERG, Petroleum **25**, 147 (1929).

Empfindung und Reiz, ihre Beziehung zueinander und ihre Meßbarkeit.

Von YRJÖ RENQVIST, Helsingfors.

Die Empfindungsinhalte unterscheiden sich bekanntlich voneinander hinsichtlich der Modalität und der Qualität. Zu derselben Modalität oder besser demselben *Sektor* gehören solche Inhalte, zwischen denen ein kontinuierlicher Übergang möglich ist. (Die zu demselben Sektor gehörenden Inhalte sind im allgemeinen durch denselben Rezeptor vermittelte Empfindungen.) Die Analyse der Qualität der Inhalte führt zur Konstatierung der *Dimensionen* der Qualität, welche entweder nur den Inhalten irgendeines besonderen Sektors eigentümlich sind oder mehreren Sektoren gemeinsam sein können. So sind von den Gesichtsinhalten die Intensitäts- und Farbendimensionen nur diesem Sektor eigentümlich, während dagegen die Form- oder Raumdimension des Gesichtsinhalts der entsprechenden Dimension mehrerer anderer Sektoren verwandt ist. Ein im Zusammenhang mit aktiver Muskelbewegung auftretender Inhalt hat mithin auch die Formdimension: wir nehmen eine Bewegungsstrecke wahr. Ein Muskelbewegungs- oder propriozeptiver Inhalt hat außerdem eine spezielle Dimension, die nur ihm eigentümlich ist. Bei der Bewegung nehmen wir nämlich außer deren Raumbeziehungen auch eine Kraft wahr, die zur Ausführung der Bewegung erforderliche Muskelspannung[1].

[1] Literatur über Kraft- oder Spannungsempfindungen: v. FREY, Z. Biol. **63**, 129 (1913); **65**, 203 (1914). — RENQVIST, Skand. Arch. Physiol. (Berl. u. Lpz.) **50**, 52 u. **51**, 157 (1927) — Z. Biol. **85**, 391 (1927), sowie in vorliegendem Zusammenhang besonders 1930, **59**, 53 (u. 33). Auch die Naturwiss. **1928**, H. 36, 693. Literatur über Wahrnehmung der Bewegungsstrecken oder der

Bei der Behandlung der gegenseitigen *Beziehung von Empfindungen und Reizen* ist immer untersucht worden, wie sich die Dimensionen der Empfindungsinhalte und die physikalisch definierten Reize zueinander verhalten. Die Analyse der Empfindungsinhalte führt zur Feststellung von deren Dimensionen, die Analyse der Reize zur physikalisch-begrifflichen Erfassung derselben, und die Erforschung der gegenseitigen Beziehungen kann nur auf dieser begrifflichen Basis erfolgen. Es ist also zu beachten, daß die *Dimensionen der Empfindungen* und andererseits die *Definitionen der Reize* bei einer solchen Betrachtung die Objekte darstellen.

Was für eine Beziehung zwischen Inhalt und Reiz besteht in dem vielleicht bemerkenswertesten Sektor, im Gebiet des Gesichtssinnes? Der Farbendimension des Gesichtsinhalts entspricht im Reiz die Frequenz der physikalischen, elektromagnetischen Erscheinung. Der Intensitätsdimension des Gesichtsinhalts entspricht die Amplitude der elektromagnetischen Erscheinung des Reizes. Wir finden, daß der Inhalt und der ihm entsprechende Reiz jedes begrifflichen Zusammenhangs entbehren. Die Farbenempfindung kann in keiner Weise mit Hilfe der physikalischen Definition der Farbe erfaßt werden. In dieser Art stehen die meisten Dimensionen unserer Empfindungsinhalte in unbegrifflichem Zusammenhang mit ihren Reizgrößen. Eine Sonderstellung nimmt jedoch in dieser Hinsicht der propriozeptive Sektor ein. Die Bewegungsinhalte zeigen, daß sie in naher Beziehung zu den ihnen entsprechenden äußeren Reizen stehen. Experimente haben erkennen lassen, daß die ausschließlich in diesem Sektor auftretende Kraftdimension nur von dem Betrag der für die Bewegung aufgewandten physikalischen Kraft abhängig ist[1]. Die Dimensionen der propriozeptiven Inhalte stehen mithin in ganz eindeutiger Beziehung zu den entsprechenden Reizen. Die Kraft- oder Spannungsempfindung objektivieren wir als den Begriff der Kraft oder Spannung, den wir dann als den Reiz des Inhalts betrachten; wir definieren ihn als solchen. Der Spannungs- oder Kraftinhalt und der physikalische Kraft- oder Spannungsreiz sind in der Tat verschiedene Ausdrucks- oder Erscheinungsformen derselben Sache, die sich nur in der begrifflichen Schärfe voneinander unterscheiden. Der begrifflich unbestimmtere Spannungsinhalt erhält bei Anwendung der physikalischen Reizgröße, der Kraft, des Kraftbegriffes, eine begrifflich exakte Beschreibung. Was wir hier Reiz nennen, ist in Wirklichkeit nur Beschreibung des Empfindungsinhalts mit Hilfe der begrifflichen Größen, die auf diesem propriozeptiven Gebiet aus dem Inhalt selbst herfließen. Denn ohne den Kraft- oder Spannungsinhalt wäre kein Kraftbegriff entstanden. Im Gebiet der Bewegungsinhalte bilden die Empfindung, ihre begriffliche Beschreibung oder der Reiz und abermals die Empfindung einen geschlossenen Kreis, in dem der Unterschied des Empfindungsinhalts und des Reizes fast verschwindet[1]. Im optischen wie auch in den meisten anderen Sektoren herrscht diese Ableitungsbeziehung zwischen dem Empfindungsinhalt und seiner begrifflichen Beschreibung oder dem Reize nicht. Die physikalische oder Reizdefinition der Farbe steht in keiner Weise in Ableitungsbeziehung zu der Farbenempfindung, sondern sie ist im letzten Grunde mechanistischer Natur. Die Begriffe der Mechanik führen die Begriffe aller Teile der Physik, auch der Optik, auf die Dimensionen des Raumes, der Kraft und der Zeit zurück. Wie wir finden, leitet sich unter diesen physikalischen Dimensionen die Kraft ausschließlich von dem propriozeptiven Kraftinhalt ab. Die physikalischen Dimensionen des Raumes und der Zeit dürften dagegen auch auf anderen Sektoren begründet sein. Aber der Farbeninhalt hat kein Gegenstück in den physikalischen Begriffen, und auf der Inadäquatheit zwischen dem Farbeninhalt und der entsprechenden Reizgröße beruht die Inkongruenz, die Transzendenz dieser dieselbe Sache vertretenden Größen.

Zur Behandlung *der quantitativen Beziehungen der Empfindungsinhalte und der Reize* zueinander gehört eng die Frage nach ihrer *Meßbarkeit*. Das Messen einer Größe ist möglich, wenn der Begriff der Kongruenz im Bereich dieser Größe möglich ist. Dies ist auch im Gebiet der Empfindungsgrößen der Fall. Ebenso können die Maßeinheits- und Zahlbegriffe auf dem Gebiet der Empfindungsinhalte angewendet werden, so daß das Messen eines Empfindungsinhalts, d. h. die Bestimmung seiner Maßzahl mit Hilfe einer in seinen eigenen Bereich gehörenden Maßeinheit, immer prinzipiell möglich ist. Auf Grund der obigen Betrachtung der qualitativen Beziehung der Empfindungsinhalte und Reize zueinander dürfte man schon erkennen können, welches der eigentliche Unterschied zwischen dem physikalischen Messen und dem in einem Sinnessektor stattfindenden Messen oder vielleicht besser der darin erfolgenden Schätzung ist. Das physikalische Messen geschieht mit Anwendung einer begrifflich präzisierten Größe, z. B. des festen Metermaßes, als Maßeinheit, welches ein für allemal als unveränderlich definiert ist, und das Ergebnis der Messung ist die bei Anwendung dieser Einheit gefundene Maßzahl der entsprechenden physikalischen Größe, also z. B. einer Strecke. Das Messen eines Empfindungsinhaltes kann prinzipiell auf ganz dieselbe Weise erfolgen. Als Beispiel nehmen wir die Messung eines propriozeptiven Streckeninhalts. Wir führen z. B. mit dem Arm eine kleine Streckbewegung aus. Der entsprechende Inhalt wird zur Maßeinheit genommen. Wir führen den Arm

Metrik der Bewegung: v. FREY, Z. Neur. **104**, 821 (1926). — RENQVIST, Psychol. Forschg **14**, 294 (1931).

[1] v. FREY, Z. Biol. **63**, 123 (1913). — RENQVIST, Skand. Arch. Physiol. (Berl. u. Lpz.) **50**, 52 u. **51**, 136 u. 157 (1927).

[1] RENQVIST, Skand. Arch. Physiol. (Berl. u. Lpz.) **59**, 53 (1930) — Psychol. Forschg **14**, 294 (1931).

dann jeweils Strecken, deren entsprechende Inhalte von der Größe der Maßeinheit sind, und so wird die Maßzahl der Gesamtbewegung erhalten. Wir konstatieren mithin, daß der Unterschied zwischen der physikalischen Messung einer Strecke und der Messung oder Schätzung des beschriebenen Inhalts nur eine Verschiedenheit in der begrifflichen Präzision der Maßeinheit und der Kongruenzdefinition ist. Das physikalische Metermaß ist stets gleichgroß, d. h. es ist als unveränderlich definiert. Die Streckeninhaltseinheit ist ein Gegenstück der physikalischen Einheit, aber es fehlt ihr deren festgelegte begriffliche Definition. Es wird jedoch nun behauptet, daß eine wichtige Verschiedenheit zwischen den Empfindungsinhalten und den Reizen, wie überhaupt der psychischen und physischen Größen, in der Unmeßbarkeit der ersteren und der Meßbarkeit der letzteren bestehe. Trotz dem oben angeführten Beispiel von der Messung des Inhalts der Strecke scheint es sich auch so zu verhalten, wenn wir z. B. die Frage nach der Meßbarkeit der Intensitätsdimension des Lichtes zum Gegenstand unserer Betrachtung nehmen. Haben wir eine schwache Intensitätsdimension, z. B. eine Schwellenempfindung, zur Maßeinheit genommen, so können wir trotzdem nicht sagen, welches die Maßzahl einer Intensität sein wird, die größer, stärker als diese ist. Es läßt sich also nicht angeben, wievielmal eine größere, stärkere Lichtempfindung eine kleinere enthält. Physikalisch, also mit Rücksicht auf den Reiz, kann dagegen wohl angegeben werden, wievielmal ein Einheitslicht in einem anderen, größeren Licht enthalten ist. Bei den folgenden Betrachtungen dürfte nun jedoch gezeigt werden können, daß der erwähnte Unterschied zwischen Empfindungsinhalten und Reizen keine Verschiedenheit mit Hinsicht auf deren Meßbarkeit ist, sondern daß diesem behaupteten Unterschied ein verschiedenes Verhalten zu diesen beiden Inhaltsgruppen zugrunde liegt. Wenn wir behaupten, daß die Maßzahl einer physikalischen Größe, z. B. von 1 km oder einer Lichtquelle von 100 Normalkerzen, immer zu definieren, zu erfassen ist, so ist damit die Möglichkeit ihrer Feststellung durch einen Messungsakt und nicht die Möglichkeit der Konstatierung der Maßzahl sozusagen mit einem Blick gemeint. Dieses letztere aber fordern wir von dem Empfindungsinhalt, z. B. von der Gesichtsintensitätsdimension, um zugeben zu können, daß sie eine Maßzahl haben kann, um also ihre Messung als möglich anzuerkennen. Wir können nicht ohne weiteres konstatieren, welches die Maßzahl einer Sinnesintensitätsdimension ist, aber wenn wir in bezug auf diesen Empfindungsinhalt dasselbe Verhalten einnehmen wollen, wie wir es in bezug auf die Reize bei deren Messung tun, läßt sich eine Messung auch der Empfindungsinhalte in diesem Sinne vollständig ausführen. Zum Beispiel folgendermaßen: die Lichtquelle einer zu messenden Lichtempfindung wird um so viel vermindert, daß das abgezogene Licht als solches, d. h. für sich betrachtet, also ohne Vergleich mit der Empfindung der ursprünglichen Lichtquelle (entsprechend wird bei der physikalischen Messung verfahren), von derselben Größe wie die übereingekommene Inhaltsmaßeinheit der Lichtempfindung, z. B. gleich der Reizschwelle der Lichtempfindung ist. Vermindert man das Licht wieder um dieselbe Inhaltsmaßeinheit, so konstatiert man abermals die Wegnahme einer Empfindungsmaßeinheit, ohne daß man mit dem übriggebliebenen Inhalt vergleicht, und dies wird fortgesetzt, bis der nach den Wegnahmen übriggebliebene Inhalt verschwunden ist. Die Anzahl der Wegnahmen gibt die Maßzahl des ursprünglichen Inhalts an. Der Begriff des Messens setzt ein sukzessives Verhalten zu dem zu messenden Inhalt oder der zu messenden Größe voraus; das Verhalten ist denn auch bei der physikalischen Messung oder der Messung eines Reizes immer von dieser Art. Und wenn man sich auf dieselbe Weise zu den Empfindungsinhalten verhält, sind auch sie meßbar, wie das oben angeführte Beispiel zeigt. Wenn man sich dagegen zu Empfindungsinhalten als Ganzheiten verhält, wie wir es tun, wenn wir zwei verschieden große Empfindungsinhalte vergleichen und ohne weiteres das Erfassen der Maßzahl des einen bei Anwendung des anderen als Einheit fordern, so kann man natürlich nicht zu dem Ergebnis gelangen, daß die Empfindungsinhalte meßbar seien, weil ein solches Gesamtverhalten, als dem eine Messung gestattenden Verhalten entgegengesetzt, die Möglichkeit des Messens ausschließt. Auch die physikalischen Größen sind bei einem derartigen Gesamtverhalten nicht meßbar. So kann z. B. die Maßzahl einer 1 km langen Strecke, mit einer 1 m langen Strecke gemessen, nicht konstatiert werden, wenn man sich zu der Strecke des Kilometers als Ganzheit verhält (dieses Verhalten ist natürlicherweise ein begriffliches und kein inhaltliches Verhalten wie auf dem Empfindungsgebiet, die physikalischen Größen sind ja begriffliche Präzisionen von Empfindungsinhalten), sondern das Messen ist nur möglich, wenn man sich zu der Kilometerstrecke sukzessiv verhält, d. h. sie von Meter zu Meter mißt.

Wir finden also, daß wir uns zu den Inhalten, mögen sie Empfindungsinhalte oder mit ihnen äquivalente, begrifflich präzisierte Reizinhalte sein, auf zweierlei Weise verhalten können: 1. *Das Gesamtverhalten, das integrative Verhalten* gestattet keine Messung. 2. *Das teilende, differenzierende Verhalten*; dieses ist dasselbe wie das messende Verhalten dann, wenn in dem betreffenden Inhalt Kongruenzen konstatiert werden und der Zahlbegriff zur Anwendung kommt[1]. Bei integrativem Verhalten können wir Empfindungsinhalte ebensowenig wie Reiz- (physische) Inhalte messen. Dieses Verhalten ist jedoch in bezug auf die Empfindungsinhalte herrschend, und darum sind sie

[1] RENQVIST, Skand. Arch. Physiol. (Berl. u. Lpz.) 59, 57 (1930).

als unmeßbar angesehen worden. Das differenzierende Verhalten ermöglicht alles Messen nicht nur auf physischem Gebiet, sondern auch auf dem der Empfindungsinhalte, wenn wir nur auch zu den letzteren dieses Verhalten einnehmen. Es besteht also kein wirklicher Unterschied in der Meßbarkeit der Empfindungsinhalte und ihrer Reize.

Ein zweiter Unterschied, der zwischen den Empfindungsinhalten und ihren Reizen bestehen soll, ist die Reproduzierbarkeit der Messungsergebnisse im Gebiet der Reize derart, daß verschiedene Individuen untereinander ihre Messungsergebnisse physischer Größen vergleichen und sie so verifizieren können, während diese Reproduktion bezüglich der Empfindungsinhalte nicht möglich sein würde. Auch die Maßzahlen der Empfindungsinhalte können jedoch prinzipiell durchaus ebensogut wie die Maßzahlen der Reize unter verschiedenen Individuen verglichen und verifiziert werden. Als Beispiel sei eine solche Messung eines proprioceptiven Inhalts erwähnt, bei der 2 normale Individuen, indem sie z. B. ihre Arme zusammen bewegen, eine Bewegungsmessung ausführen und dabei konstatieren, daß, wie Experimente zeigen, eine gegenseitig übereinstimmende Raummetrik im propriozeptiven Sektor herrscht. Wenn man nur bedenkt, daß Reproduktivität nur *im eigenen Sektor des betreffenden Inhalts* gefordert werden darf, so sind also auch die Messungen von Empfindungsinhalten reproduzierbar. Sowohl in bezug auf die Meßbarkeit als auf die Reproduktion nehmen die Empfindungsinhalte und Reize prinzipiell dieselbe Stellung ein. Zwischen diesen unseren Inhalten, den Empfindungen und ihren begrifflich präzisierten Beschreibungen, den Reizen, besteht also auch eine quantitative Äquivalenz.

Zum Schluß ist es im Anschluß an das Vorstehende natürlich, die Regel, welche die Beziehung zwischen den Empfindungen und Reizen bestimmt, das WEBERsche Gesetz zu betrachten. Nach diesem Gesetz entspricht einer neben einer Empfindung eben merklichen Empfindungszunahme ein konstantes Verhältnis zwischen der Reizzunahme und dem primären Reiz, welches folgendermaßen ausgedrückt wird: $\Delta E = \frac{\Delta R}{R}$. Der Inhalt der Regel kann auch so ausgedrückt werden, daß, wenn eine Empfindung in arithmetischer Progression anwächst, der ihr entsprechende Reiz in geometrischer Progression zunimmt. Bekanntlich bezieht sich das WEBERsche Gesetz nicht ausschließlich auf „eben merkliche" Empfindungszunahmen oder auf Unterschiedsschwellen, sondern überhaupt auf gleichgroße Empfindungszunahmen, wenn nur die eben merkliche Unterschiedsschwellenempfindung oder die nur allgemein gleichgroße Empfindungszunahme mit der bereits herrschenden Grundempfindung verglichen wird.

Bei dem WEBERschen Gesetz handelt es sich um Messen. Wird dabei das Messen bezüglich des Reizes und andererseits des Empfindungsinhalts auf dieselbe Weise ausgeführt? Die Reizzunahme und der „Grund"reiz werden bei der experimentellen Untersuchung des Gesetzes beide natürlicherweise mit demselben Maß gemessen, wie immer physikalische Größen. Die Empfindungszunahme dagegen wird nicht als solche gemessen oder geschätzt (wie es bezüglich der Reizzunahme geschieht), sondern sie wird im Vergleich zu dem bereits herrschenden Grundwert der Empfindung geschätzt; bei der experimentellen Untersuchung des WEBERschen Gesetzes wird nämlich immer die „eben merkliche" Empfindungszunahme, die *Unter*schiedsschwelle gegenüber der Grundwert-Empfindung beobachtet. Wir messen die Empfindungszunahme unter Benutzung der Grundempfindung als Maß, und da sich die Grundempfindung während des Versuchs ständig verändert, wird sich mithin auch die Maßeinheit verändern. Die linke Seite der WEBERschen Formel hat also nicht ΔE, sondern $\frac{\Delta E}{E}$ zu lauten, wobei die Veränderlichkeit der Maßeinheit richtig zum Ausdruck kommt. Auf diese Weise nimmt die Formel die Gestalt $\frac{\Delta E}{E} = \frac{\Delta R}{R}$ an. Der Inhalt der Formel kann alsdann folgendermaßen wiedergegeben werden: *Zwischen den Meßergebnissen auf den Gebieten aller Inhalte, mögen sie Empfindungsinhalte oder begrifflich präzisierte Reizinhalte sein, besteht vollständige Isomorphie, Gleichförmigkeit.* Diese *Isomorphieregel* dürfte auch nicht bloß die natürliche Deutung des WEBERschen Gesetzes, d. h. der die Unterschiedsschwellen betreffenden Regel sein, sondern sie kann auch die Beziehung der absoluten Schwellenempfindungen und der entsprechenden Reize und überhaupt die Beziehung der Empfindungen und der ihnen entsprechenden Reize umfassen. Die entsprechende Formel für absolute Schwellen ist $\Delta E = \Delta R$ und die Formel für gleichgroße Empfindungen überhaupt, $E = R$, welche Formeln beide ausdrücken, daß der im Gebiet der Empfindungen herrschenden Kongruenz auch eine Kongruenz im Reizgebiet entspricht. Besonders ist zu beachten, daß *der Isomorphieregel die Reizdefinition zugrunde liegt*, weil die nach dieser Regel der Invarianz von ΔE und E entsprechende Invarianz von ΔR und R gerade die Reizgröße definiert. Kurz rekapitulierend kann gesagt werden, daß zwischen den Ausdrücken der Empfindungsinhalte und der Reize (deren Unterschied nur in der begrifflichen Präzision liegt), d. h. zwischen den im Gebiete beider erhaltenen Meßergebnissen, eine quantitative Äquivalenz herrscht.

Zusammenfassung.

Von den Verhältnissen der propriozeptiven Bewegungsempfindungen ausgehend, wird darzulegen versucht, wie die Reizbeschreibung und -definition und die „entsprechende" Empfindung inhaltlich vollkommen äquivalente Ausdrücke sind. Der Reiz ist der begrifflich erfaßte Empfin-

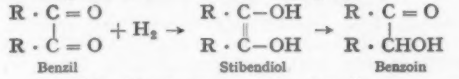
dungsinhalt. — Entgegen der Auffassung von der Nichtmeßbarkeit der Empfindungsinhalte, im Gegensatz zu der Meßbarkeit der physikalischen Größen (der Reize), wird gezeigt, daß, wenn die Empfindungsinhalte, in gleicher Weise wie die physikalischen Reizgrößen beim Meßverfahren, differenzierend, sukzessiv bewertet werden und das Verhalten ihnen gegenüber nicht integrierend ist, auch auf ihrem Gebiete eine Messung vollständig möglich ist. — Wenn schließlich berücksichtigt wird, daß beim Messen sowohl der Reize (der physikalischen Größen) wie der Empfindungsinhalte die Maßstäbe der beiden Gebiete alle beide in ihrem Meßbereich derselben Regel folgen sollen (Invarianz), erhält das WEBERsche *Gesetz der Unterschiedsschwellen* die Form: $\frac{\Delta E}{E} = \frac{\Delta R}{R}$. In Worten: ***Die Metriken der verschiedenen Inhaltsgebiete*** (die Meßergebnisse innerhalb der Gebiete), ***mögen sie Empfindungsgebiete oder begrifflich präzisierte Reizgebiete sein, sind formengleich, isomorph.*** Die inhaltliche Äquivalenz von Empfindung und Reiz wird also eine solche auch der Metriken dieser Gebiete (Isomorphie der Metriken), wenn — und das ist der springende Punkt — die Reizmaßstäbe (Reizdefinition) dementsprechend festgelegt werden.

Neues zur Theorie der Kohlensäureassimilisation.

Von G. KÖGEL, Baden-Baden.

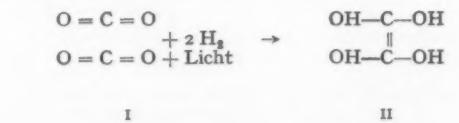
Es ist bekannt, daß die Pflanze aus der Luft Kohlensäure aufnimmt, die unter dem Einfluß des Lichtes und der Mitwirkung des Chlorophylls, des grünen Farbstoffes des Blattes, in Zucker und Stärke umgewandelt wird. Die Pflanze gewinnt durch diesen Vorgang Stoff und Energie aus der Kohlensäure plus Licht. Die Pflanze nutzt diesen Vorgang, der an sich an keinen Lebensvorgang gebunden ist, da MOLISCH zeigte, daß auch in der abgestorbenen Zelle das Chlorophyll unter dem Einfluß des Lichtes Kohlensäure assimiliert. Über die chemischen Zwischenstufen hat zuerst v. BAEYER eine Theorie aufgestellt, die eine Entstehung von Formaldehyd, HCHO, annahm, der sich zu Zucker und Stärke polymerisiert. Der Vorgang läßt sich chemisch so einfach formulieren, aber der wesentliche Bestandteil, die photochemische Begründung, fehlt. Rein chemisch läßt sich der Vorgang auch anders formulieren, so daß nach EMIL FISCHER Glycerinaldehyd, $CHO(CHOH)CH_2OH$, in Betracht käme. Genau genommen kann man so viel chemische Hypothesen formulieren, als chemische Übergangsprodukte zwischen CO_2 und Zucker formulierbar sind, aber keine einzige enthält damit eine photochemische Begründung, beantwortet keineswegs die Frage, welcher von den formulierbaren Vorgängen photochemisch möglich ist.

Der Verfasser hat bereits im Jahre 1920 auf die von dem photochemischen Standpunkt allein denkbare Hydrierung der CO_2-Gruppe hingewiesen und betr. der $>CO$-Gruppe als Beispiel die Hydrierung des Benzils zu Benzoin genannt.



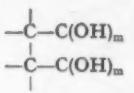
Benzil — Stibendiol — Benzoin

Auf CO_2 übertragen würde der Vorgang zu formulieren sein wie:



I — II

Für die wichtige Formel II hatte man damals noch keine chemisch analoge Fälle. Neuerdings hat nun NIK-SCILOW[1] die Adsorption der Kohlensäure an aktive Kohle als

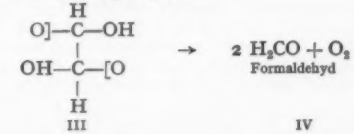


formuliert. Man nimmt also heute auch an, daß die Kohlenstoffatome infolge Aktivierung sich verbinden, so daß dann der hier wesentliche Bestandteil OH—C—OH wieder in Erscheinung tritt. Die Formel gewinnt also an Berechtigung, wenn auch von ganz anderem Standpunkt aus.

Für den photochemischen Vorgang ist nun wichtig, ob denn Kohlensäure bzw. die $>C=O$-Gruppe so hochlichtempfindlich sei. Der Verfasser hat unterdessen gezeigt, daß solche Verbindungen tatsächlich hochlichtempfindlich sind und am Licht sich hydrieren. Ein Beispiel ist β-anthrachinonsulfosaures Natron, das in Gelatine bereits bei kürzester Belichtung latente Bilder gibt, die durch Silbernitrat und saure Metollösung herausentwickelt werden können. Nun wissen wir aber, daß die CO_2 in sichtbarem Gebiet keine Absorption zeigt, die mit der des Blattes übereinstimmt, sondern daß die Absorption des Chlorophylls maßgebend ist. Die Lichtempfindlichkeit der CO_2 muß also in der des Chlorophylls verbunden sein, d. h. die Kohlensäure wird durch das Chlorophyll eine „chromophore" Gruppe.

Der Verfasser hat bereits bei der $>CO$-Gruppe nachgewiesen, daß diese Gruppe, sei sie in dem aliphatischen, farblosen Azeton, oder in dem Chinon, oder Anthrachinon, oder dem farbigen Phenathrenchinon enthalten, die Lichtempfindlichkeit bei zunehmender Farbigkeit bzw. Absorption

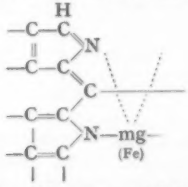
[1] Chem. Zbl. 1930 II, 3720.



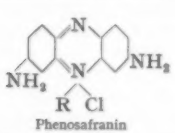
III — IV

von Ultraviolett nach Rot beibehält. Daß die Farbe eines Körpers je nach dem absorbierten Gas wechselt, z. B. CO, O_2, auch bei CO_2, zeigt bekanntermaßen der mit dem Chlorophyll so nahe verwandte Blutfarbstoff, dessen Farbwechsel man zum Nachweis von Gasvergiftungen benutzt. Es ist nur eine Angelegenheit der Bezeichnung, ob man sagt, die gasförmige Komponente habe jetzt eine farbige Komponente erhalten, oder der Farbstoff habe sie durch das Gas geändert. Jedenfalls dürfen wir nach dem jetzigen Stand der Dinge sagen, die Kohlensäure ist für langwelliges Licht infolge der Verknüpfung mit dem Chlorophyll auch für langwelliges Licht empfindlich geworden.

Aus der Konstitution des Chlorophylls kann man nicht ohne weiteres dessen photochemische Funktion ablesen. Wir sehen folgende, dem Chlorophyll und dem Blutfarbstoff gemeinsame Komponenten, in denen die —CH = N-Gruppe für den



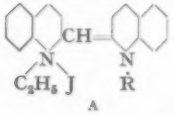
photochemischen Vorgang wichtig ist. Es hat sich nämlich gezeigt, daß Farbstoffe wie Phenosafranin, Derivate des Flavindulins u. a. photochemisch Wasserstoff aktivieren und durch den Wasserstoff wieder Sauerstoff aktivieren, daß Isochinolinfarbstoffe, die Bromsilber für lang-



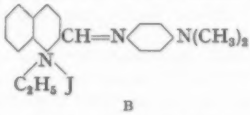
Phenosafranin

Flavindulin

welliges Licht empfindlich machen (A), durch Umbau der CH = C < Gruppe in —CH = N—(B) das Bromsilber desensibilisieren. Daß die photochemische Wirkung der —CH = N— als desensibili-



A



B

sierende mit der Wasserstoffaktivierung, die eine Oxydation zur Folge hat, verbunden ist, konnte durch Thioglykolsäure, $HS \cdot CH_2COOH$, Glutathion

$COOH \cdot CH \cdot [NH_2]NH \cdot (CH)_3 \cdot CONH \cdot CH \cdot [CH_2SH]$

sowie durch Glucothiose

$CH_2OH \cdot CHOH \cdot CH \cdot CHOH \cdot CH \cdot SH$ u. a.
(O)

erwiesen werden. Diese Stoffe, auf am Licht geschwärztes Chlorsilber gebracht, bleichen am Licht dasselbe sofort wieder aus, eine Wirkung, die durch den Wasserstoff, der die Oxydation zur Folge hat, hervorgerufen wird. Die außerordentliche Bedeutung des Glutathions in der Zelle als Wasserstoff-Sauerstoffaktivator ist bekannt. Nachdem wir nun gesehen haben, daß die HS-Systeme in ihrer photochemischen Wirkung mit der —CH = N-Gruppe Koinzidenz zeigen, ist es jetzt vom *photochemischen* Standpunkt aus selbstverständlich, daß Chlorophyll am Licht hydrierend wirkt und Sauerstoff frei machen kann. Der Mg-Gehalt allein wäre nicht bestimmend, wie im Hämin der Eisengehalt allein nicht für die photochemischen Funktionen dieser organischen Stoffe maßgebend ist. Aber nicht der Stoff allein auf Grund seiner chemischen Bestandteile zeigt die Verwandtschaft des Chlorophylls und der Blutfarbstoffe, sondern die Funktionen, im biochemischen Vorgang in den lebenswichtigen Funktionen ihrer spezifischen Art und ihres Zweckes. Man kann heute bereits sagen in bezug auf diese Stoffe: Die Funktion im biochemischen Vorgang zeigt die biologische Verwandtschaft in der photochemischen Funktion, und zwar an erster Stelle, weil die *erste* Funktion des energiegewinnenden Prozesses im Chlorophyll eine photochemische ist. Vielleicht lassen uns später gerade die fundamentalen *photochemischen* als die erste biogenetischen Vorgänge auch die Verwandtschaften bei Pflanze und Tier im Sinne der Abstammungslehre genauer erkennen.

Wenn man früher glaubte, daß der Lebensprozeß mit der C ≡ N-Gruppe verbunden sei — Gift, Tod und Leben also fast identisch schienen —, so erscheint uns die —CH = N-Gruppe in ihrer Verknüpfung mit der Wasserstoff-Sauerstoffunktion als Lebensfunktion maßgebend.

Vom photochemischen Standpunkte aus scheint diese Gruppe, besonders in Verbindung mit der photochemisch reversiblen — NH · CO-Gruppe, die in den Eiweißen vorhanden sind, durch das Lichtmeer des Weltalls (Lichtdruck), in photochemisch-reversiblen Verbindungen wandern zu können. Die Bedingung, daß ein durch das Weltall (ARRHENIUS, Panspermie) wandernder Lebensträger photochemisch und photophysikalisch dazu befähigt sein muß, erscheint in diesen Gruppen, die unseren Lebewesen heute noch eigen sind, erfüllt zu sein.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich. Der Herausgeber bittet, 1. im Manuskript der *kurzen Originalmitteilungen* oder in einem Begleitschreiben die Notwendigkeit einer raschen Veröffentlichung an dieser Stelle zu *begründen*, 2. die Mitteilungen auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken. Bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Hemmung der autokatalytischen Gurwitsch-Strahlung durch selektive Absorption.

Der folgende Vorschlag geht von der GURWITSCHschen Annahme aus, daß die Gurwitsch-Strahlung bei der Zellteilung entsteht und ihrerseits wieder zur Zellteilung anregt.

Nach RAJEWSKY strahlt Karzinom z. B. besonders stark. Man könnte sich denken, daß das schnelle Wachstum des Karzinoms durch Autokatalyse (oder Mutoinduktion) bedingt sei. Eine ähnliche Ansicht habe ich — die Literaturstelle kann ich leider nicht finden — als Erklärung gewisser Abnormitäten des Wachstums von Hefe gesehen.

Man müßte nun untersuchen, ob die Injektion eines Farbstoffes, der die Wellenlänge der Gurwitsch-Strahlung selektiv absorbiert, einen Einfluß auf die Wachstumsgeschwindigkeit des Karzinoms, der Hefekultur oder der Zwiebelwurzel hat. Ein solcher Farbstoff wäre zu finden und könnte vielleicht von Bedeutung für die Cancertherapie werden.

Der GEIGER-MÜLLER-RAJEWSKYsche Lichtzähler würde diese Untersuchungen sicherlich sehr erleichtern.

Upsala, den 26. April 1931. ERNST BARANY.

Über eine periodische Gesetzmäßigkeit bei Atomkernen.

Wie bekannt, enthält jeder Atomkern eine gewisse Zahl von Kernelektronen. Im allgemeinen ist diese Zahl eine Funktion des Atomgewichtes oder, besser gesagt, der Protonenzahl N. Es ist nun bemerkenswert, daß bei gewissen Werten von N sehr verschiedene Kombinationen von Kernelektronen wahrscheinlich sind. Es können sogar verschiedene Zahlen von Elektronen ein und demselben N entsprechen. Bei anderen Werten von N sind dagegen die möglichen stabilen Elektronenzahlen nur sehr gering.

Um diese Tatsache am anschaulichsten zu illustrieren, ist es möglich, die Zahl aller bekannten Isotopen in einem Intervall:

$$N \pm n$$

als Funktion von N darzustellen[1]. Man erhält somit die Isotopenhäufigkeit in Abhängigkeit von N. Diese Funktion ist in Fig. 1 durch die Kurve 1 dargestellt. Hier ist $n = 5$.

Diese Kurve 1 weist einen ausgeprägten periodischen Charakter auf. Man könnte gegen diese Kurve aber den Einwand machen, daß es zur Zeit noch nicht möglich ist, etwas Endgültiges über die Zahl der Isotopen zu sagen, da ja nicht alle Isotope bekannt sind. Gegen einen solchen Einwand läßt sich nun sagen, daß die bekannte Isotopenzahl in jedem Gebiete annähernd der wirklich existierenden proportional sein muß. Kurve 2 in Fig. 1 stellt z. B. den Gang der Funktion nach den Angaben vom Jahre 1924 dar[2]. Obwohl damals viel weniger Isotope bekannt waren, ist der allgemeine Charakter der Kurve derselbe.

[1] Die Angaben sind aus einer Zusammenstellung von F. G. HOUTERMANS, Erg. exakt. Naturwiss. **9**, 123 (1930).

[2] Nach einer Zusammenstellung von A. SMEKAL, Physikalisches Handwörterbuch. Berlin 1924.

Vergleicht man die beschriebene Periodizität mit derjenigen der äußeren Elektronenhüllen des Atoms, so kann ein bestimmter Zusammenhang festgestellt werden. In Fig. 1 stellt die Kurve 3 die Atomvolumina in Abhängigkeit von N dar. Man sieht, daß die Kurven 1 und 2 einerseits und die Kurve 3 andererseits große

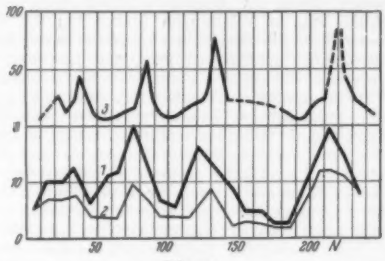


Fig. 1.
Kurve 1. Häufigkeit von Isotopen als Funktion des Atomgewichtes N.
Kurve 2. Dasselbe nach den Angaben vom Jahre 1924.
Kurve 3. Atomvolumina als Funktion von N.

Ähnlichkeit aufweisen. Bei der Kurve der Atomvolumina sind nur die Maxima um einen bestimmten Betrag nach rechts verschoben. Es scheint somit eine bestimmte Ursache zu existieren, welche die Eigenschaften der Kernelektronen mit den Eigenschaften der äußeren Elektronenhülle verknüpft. Es ist leider nicht möglich, im Rahmen dieser Mitteilung darauf näher einzugehen.

Moskau, Staatliches elektrotechnisches Forschungsinstitut, Röntgentechnische Abteilung, April 1931.
G. I. POKROWSKI.

Festes Silberhydrid.

Die Untersuchungen von E. W. R. STEACIE und F. M. G. JOHNSON[1] u. a. über Wasserstoffaufnahme durch metallisches Silber führten zu einer Einreihung des Ag in die Reihe der *metallartigen Hydride*[2]; die bandenspektroskopischen Untersuchungen von E. BENGTSSON und E. SVENSSON[3] u. a. ergaben das Vorhandensein einer *gasförmigen Silberhydrid*-Molekel, wofür auch A. FARKAS[4] Belege erbringen konnte.

Die vielfache Analogie des Silbers zu den Alkalimetallen sollte die Bildung eines den Alkalihydriden entsprechenden festen *salzartigen Silberhydrids* nicht ausgeschlossen erscheinen lassen. Ein Weg für die Bildung eines solchen Hydrids wurde in der Einwirkung

[1] E. W. R. STEACIE u. F. M. G. JOHNSON, Proc. roy. Soc. Lond. A **117**, 662 (1928).

[2] Vgl. G. F. HÜTTIG, Z. angew. Chem. **39**, 68 (1926).

[3] E. BENGTSSON u. E. SVENSSON, C. r. hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences **180**, 274 (1925); s. auch E. HULTHEN u. R. V. ZUMSTEIN, Physic. Rev., Serie 2, **28**, 17 (1926). — E. BENGTSSON, Nature **127**, 14 (1931).

[4] A. FARKAS, Z. physik. Chem. B **5**, 467 (1929).

des *atomaren Wasserstoffs* auf Silberblech gefunden. Zur Durchführung der Versuche diente eine zusammen mit F. SEUFERLING entwickelte, an anderer Stelle[1] ausführlich beschriebene Anordnung. Der in einer WOODschen ∩-förmig gebogenen Elektrodenröhre bei einer Belastung von 15 kV im Sekundärkreis erzeugte atomare Wasserstoff wurde an der elektrodenfernsten Stelle der Röhre durch ein weites Glasrohr, das in einen mit einem Schliff versehenen Versuchskolben eingeführt worden war, abgenommen. Senkrecht zu diesem Gasableitungsrohr war in sehr geringer Entfernung ein als Thermoelement ausgebildetes planes Silberblech angebracht, auf dessen dem H-Strome abgewandter Seite ein Konstantandraht punktförmig aufgelötet und in Windungen (durch ein Glimmerblättchen gegen die Ag-Fläche abgedeckt) in der Ebene des Ag-Bleches geführt wurde. Läßt man nun den elektrolytisch erzeugten molekularen Wasserstoff bei einer Strömungsgeschwindigkeit von etwa 4 Liter pro Stunde, gemessen am RIESENFELDschen Strömungsmesser, durch die WOODsche Röhre streichen, so nimmt die vor dem Versuch blankgeschmirgelte metallisch reflektierende Ag-Fläche unter der Einwirkung des atomaren Wasserstoffs nach wenigen Minuten einen matten Schimmer an. Nach etwa 1—2stündiger Einwirkung des atomaren Wasserstoffs ist auf dem Ag-Blech eine homogene, feinpulvrige, äußerst dünne, rein weiße Schicht entstanden, die als ein salzartiges, festes AgH angesprochen werden muß, in dem der Wasserstoff also negativen Charakter besitzt: Die Hydridbildung erfolgt in stark exothermer Reaktion, wie durch thermoelektrische Messungen festgestellt werden konnte. Beim Aufbringen einiger Tropfen destillierten Wassers auf die AgH-Schicht ist mit der Lupe bereits nach wenigen Sekunden eine Durchsetzung der Flüssigkeitsschicht mit feinsten Gasbläschen festzustellen, während die vorher weiße Hydridschicht gleichzeitig die graubräunliche Tönung des gebildeten Silberhydroxyds annimmt. Der Fortgang dieser Reaktion wurde thermoelektrisch verfolgt. Aus dem erhaltenen Ausschlag am Millivoltmeter konnte die verlaufende Reaktion als exotherm festgestellt werden. Die überstehende Flüssigkeit färbt rotes Lackmuspapier intensiv blau, so gleichfalls die Gegenwart des sehr stark basischen Hydroxyds anzeigend. Das gebildete AgH ist in Wasserstoffatmosphäre bis zu den beobachteten Temperaturen von etwa 500° sowie gegenüber Luft gut beständig. Licht scheint keinen Einfluß auszuüben. Beim Erhitzen mit der Bunsenflamme an der Luft bis zu gelinder Rotglut der metallischen Unterlage verändert sich das Hydrid nicht; bei noch stärkerem Erhitzen ist es flüchtig. Das salzartige Silberhydrid ist also in seinem charakteristischen Verhalten durchaus in Parallele zu setzen zu bereits bekannten Hydriden, insonderheit ähnelt es dem LiH.

Eingehendere quantitative Untersuchungen über dieses Hydrid sind im Gange.

Berlin, Physikalisch-Chemisches Institut der Universität, den 8. Mai 1931. ERICH PIETSCH, unter Mitwirkung von FRANZ SEUFERLING.

Flüchtiges Thallium- und Bleihydrid.

Die Existenz eines *Thalliumhydrids* läßt sich aus der vorliegenden Literatur[2] nicht eindeutig erschließen.

Mit einer an anderer Stelle[1] näher gekennzeichneten Versuchsanordnung gelang es, einen eindeutigen Beweis für die Existenz eines dem Blei analogen *flüchtigen Thalliumhydrids* zu erbringen: Trifft atomarer Wasserstoff auf einen in bestimmter Weise[3] präparierten Film aus TlCl, der auf einem als Thermoelement ausgebildeten Silberblech fixiert worden ist, so wird er unter HCl-Entwicklung zu metallischem Tl reduziert. In weiterer Reaktion reagiert der atomare Wasserstoff mit dem metallischen Tl unter Bildung eines Hydrids, das von der Oberfläche verdampft und an der etwa 4 cm entfernten Glaswand des Versuchskolbens unter Zersetzung abgeschieden wird. Es bildet sich auf der Wand ein metallisch reflektierender graubrauner Beschlag aus, dessen dem H-Strom zugekehrte scharfrandig begrenzte Seite allmählich in Richtung der dem H-Strom abgewendeten Seite unter zunehmender Verdichtung zurückgedrängt wird. Mit den auftreffenden H-Atomen ist darauf an der Glaswand erneute Hydridbildung und ein lokal eng benachbarter autokatalytischer Zerfall des Tl-Hydrids, etwa analog wie im bekannten Falle des SbH_3-Zerfalls[3], anzunehmen.

Die spektrale Untersuchung des metallischen Wandbeschlages ergibt eindeutig die Gegenwart von metallischem Thallium. Da nun bei der auf thermoelektrischem Wege ermittelten Temperatur des Tl-Films, die maximal 217° beträgt (sie ist u. a. auf die exotherm verlaufende Rekombinationsreaktion der H-Atome zurückzuführen), und bei dem herrschenden Druck von etwa 1 mm Hg eine Verdampfung[4] von metallischem Tl ($p_{217°\,C} < 10^{-9}$ mm) oder von nicht reduziertem TlCl ($p_{217°\,C} < 10^{-3}$ mm) als praktisch ausgeschlossen angesehen werden kann, so ist das Vorhandensein eines metallischen Tl-Spiegels an der Glaswand nur auf dem Wege über eine Hydridbildung zu verstehen.

Ganz analoge Befunde ergaben entsprechende Untersuchungen an Pb-Filmen, die aus $PbCl_2$ (in bestimmter Weise aus dem Schmelzfluß erhalten)[3] durch Reduktion mittels atomaren Wasserstoffs erzielt worden waren. Unter sonst gleichen Versuchsbedingungen erfolgt die Bildung des *flüchtigen Bleihydrids*[5], wie bisher qualitativ festgestellt wurde, erheblich leichter als die des Thalliumhydrids.

Die Untersuchungen werden fortgesetzt.

Berlin, Physikalisch-Chemisches Institut der Universität, den 8. Mai 1931.

ERICH PIETSCH. FRANZ SEUFERLING.

Der Absorptionskoeffizient der Höhenstrahlung zwischen 2000 und 9000 m Höhe über Meer.

Bereits öfter hatte ich gesprächsweise und in Ver-

[1] E. PIETSCH u. E. SEUFERLING, Z. physik. Chem. Tl. A **1931** (erscheint demnächst).

[2] Siehe hierzu W. B. HERAPATH, Dingl. J. **169**, 41 (1863). — W. CROOKES, Jber. **1863**, 687. — L. TROOST u. P. HAUTEFEUILLE, Ann. Chim. Phys., Serie 5, **2**, 279 (1874). — A. SIEVERTS, Z. Metallk. **21**, 39 (1929). — E. HULTHÈN u. R. V. ZUMSTEIN, Phys. Rev., Serie 2, **28**, 13 (1926).

[1] E. PIETSCH u. F. SEUFERLING, Naturwiss. **19**, (1931) (s. weiter oben).

[3] E. PIETSCH u. F. SEUFERLING, Z. physik. Chem. Tl A **1931** (erscheint demnächst).

[3] A. STOCK u. M. BODENSTEIN, Ber. **40**, 570 (1907).

[4] H. v. WARTENBERG, Z. Elektrochem. **19**, 487 (1913).

[5] Vgl. hierüber die ausführlichen Untersuchungen von F. PANETH u. O. NÖRRING, Ber. **53**, 1693 (1920). — G. SCHULTZE u. E. MÜLLER, Z. physik. Chem. B **6**, 267 (1929).

öffentlichungen[1] darauf hingewiesen, daß sich aus meinen Ballonbeobachtungen[2] deutlich ein Gang des Absorptionskoeffizienten mit der Höhe zeigt. Eine Neuberechnung dieser alten Beobachtungen, die kürzlich aus anderem Anlaß von Herrn TUWIM und mir ausgeführt wurde, brachte das folgende Ergebnis:

Höhe über Meer	Barometer B Hg	Wasseräquivalent 12,25 × B	Ionisierungsstärke	zwischen	$(\mu/\varrho)_{H_2O}$ cm² g⁻¹ berechnet nach $e^{-\mu H}$	$\Phi(\mu H)$
2 km	60,9 cm	746 cm	5,5 I	2—3 km	5,3	4,4
3	53,95	661	8,8	3—4	5,7	4,6
4	47,60	583	13,7	4—5	6,2	5,0
5	42,10	516	20,8	5—6	6,9	5,5
6	36,8	451	32,6	6—7	7,7	6,3
7	32,3	396	49,8	7—8	5,4	4,0
8	27,9	342	66,9	8—9	4,8	3,2
9	24,1	295	83,6	—	—	—

Wie sich hieraus ergibt, nimmt der Massenabsorptionskoeffizient mit abnehmender Höhe von 9—6 km zu, darunter wieder ab, erreicht also ein Maximum bei etwa 6500 m über Meeresspiegel oder 4,23 m Wasseräquivalent unter Atmosphärengipfel.

Falls es sich um eine primäre Wellenstrahlung handelt, sollte dieser Gang von 9—6 km die allmähliche Sättigung des Strahlengemisches mit Sekundärstrahlen darstellen. Dann würde der Absorptionskoeffizient des primären Strahlengemisches etwa $6{,}3 \times 10^{-3}$ cm²g⁻¹ betragen. Da das Gemisch auch harte Komponenten enthält, so ist dieser Wert ein Minimalwert für die weichste Komponente, und zwar um so mehr, weil die härteren Komponenten erst in geringeren Höhen mehr und mehr zur Sättigung gelangen. Für die weichste Komponente ergibt sich die Sättigungsdicke in der Atmosphäre zu 4,2 m Wasseräquivalent. Falls diese weiche Komponente eine primäre Korpuskularstrahlung ist, macht es den Eindruck, als würde sie in ähnlicher Weise wie β-Strahlen absorbiert, worüber die Versuche von VARDER[3], SCHONLAND[4] und EDDY[5] vorliegen. Über die dann obwaltenden Verhältnisse vergleiche man BOTHE und KOLHÖRSTER [Z. Physik **56**, 751 (1929)].

Die Abnahme des Absorptionskoeffizienten von 6 km bis zum Boden zeigt die Inhomogenität der Höhenstrahlung, die in erster Linie durch die stärkere Absorption der weichsten Komponente bedingt sein wird. Indessen ist bis zu Tiefen von 10 m Wasseräquivalent, also bei Messungen bis in Bodennähe, diese Inhomogenität nicht besonders stark ausgeprägt, weil die Intensität der weichen Komponente hier noch der der härteren etwa gleichkommt. Das bereits 1914 direkt gemessene Maximum des Absorptionskoeffizienten in 6500 m Höhe vermuten in letzter Zeit auch MILLIKAN und CAMERON[6], allerdings mit unbestimmterer Angabe zwischen 4,3 und 15 km Höhe. Sie leiten aus ihrer neuen, 1928/30 aufgenommenen Tiefenabsorptionskurve als Massenabsorptionskoeffizienten der weichsten Komponente den Wert 8×10^{-3} cm²g⁻¹ ab und bestätigen damit die hohen Werte der Ballonbeobachtungen durch ihre Hochgebirgsmessungen bis 4,3 km. Mit diesem Werte errechnen sich sehr hohe Intensitäten der weichen Komponente für größere Höhen. Da nun der einzige, von MILLIKAN und BOWEN[1] ausgewertete Pilotballonaufstieg bis 15,3 km, der durch Temperatureinflüsse und unbestimmte Höhenangaben entstellt ist[2], bedeutend kleinere Intensitäten ergibt, so schließen MILLIKAN und CAMERON auf ein Maximum des Absorptionskoeffizienten zwischen 4,3 und 15,5 km und bestätigen somit qualitativ das vorliegende Ergebnis.

Berlin - Potsdam, Höhenstrahlungs - Laboratorium des Meteorologisch-Magnetischen Observatoriums, den 15. Mai 1931. W. KOLHÖRSTER.

[1] Zum Beispiel W. KOLHÖRSTER, Z. Physik **36**, 147 (1926) — Z. Geophysik **7**, 199 (1931).

[2] W. KOLHÖRSTER, Abh. Naturf. Ges. Halle N. F. **4**. Halle a. S. 1914 — Verh. Dtsch. physik. Ges. **16**, 719 (1914).

[3] R. W. VARDER, Philosophic. Mag. **29**, 725 (1915).

[4] B. F. J. SCHONLAND, Proc. roy. Soc. Lond. (A) **104**, 235 (1923); **108**, 187 (1925).

[5] C. E. EDDY, Proc. Cambridge philos. Soc. **25**, 50 (1929).

[6] R. A. MILLIKAN u. G. H. CAMERON, Physic. Rev. **37**, 235 (1931).

Zu den Gitterkonstanten des Rheniums.

Aus dem Institut der Studiengesellschaft des Osramkonzerns sind vor kurzem für die Gitterkonstanten des Rheniums Werte angegeben worden[3], die von den von V. M. GOLDSCHMIDT bestimmten[4] etwas abweichen. Auf Wunsch von Herrn Prof. V. M. GOLDSCHMIDT habe ich die Gitterkonstanten des Rheniums nachgeprüft mittels einer Präzisionsmethode, über die an anderer Stelle berichtet werden soll.

Das Rheniumpräparat, das zur Messung diente, wurde von dem Werke Leopoldshall bezogen. Wie uns freundlichst von dort mitgeteilt wurde, ist das Rhenium dort aus Kaliumperrhenat hergestellt, über dessen hohen Reinheitsgrad in der Publikation von W. FEIT[5] berichtet worden ist; es soll noch etwa 0,5% K_2O enthalten.

Um die für die Messung geeignete Kristallgröße zu erhalten und um das Präparat zu entgasen, wurde es in einem Quarzrohre 3 Stunden im Hochvakuum mittels Leuchtgas-Luftgebläse erhitzt, und 10 Minuten mittels Acetylen-Sauerstoffgebläse nahe unterhalb des Erweichungsgebietes des Quarzes. Ich erhielt die unter 3 angeführten Werte.

	a	c	c/a
V. M. GOLDSCHMIDT	2,752 ± 0,001 Å	4,448 ± 0,002 Å	1,616 ± 0,001
K. BECKER	2,765	4,470	1,616
Verfasser	2,755	4,450	1,615

Göttingen, Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität, den 20. Mai 1931. K. MOELLER.

Über die Energetik der anaeroben Phosphagensynthese („Kreatinphosphorsäure") im Muskelextrakt.

Eine anaerobe Synthese des Phosphagens ist nicht nur möglich im intakten Muskel im Anschluß an den Zerfall während der Kontraktion[6], sondern auch in enzymhaltiger Lösung, wie gleichzeitig von LEHNARTZ bei Zusatz von Adenylsäure zu Muskelpreßsaft[7] und

[1] R. A. MILLIKAN u. I. S. BOWEN, Physic. Rev. **27**, 353 (1926).

[2] V. F. HESS, Physik. Z. **27**, 405 (1926) — W. KOLHÖRSTER, Z. Physik **38**, 404 (1926).

[3] C. AGTE, H. ALTERTHUM, K. BECKER, G. HEYNE, K. MOERS, Naturwiss. **19**, 108 (1931) — Z. anorg. u. allg. Chem. **196**, 129 (1931).

[4] V. M. GOLDSCHMIDT, Z. physik. Chem. **2**, 244 (1929).

[5] W. FEIT, Z. angew. Chem. **43**, 459 (1930).

[6] O. MEYERHOF u. K. LOHMANN, Naturwiss. **15**, 670 (1927) — D. NACHMANSOHN, Biochem. Z. **196**, 73 (1928) — Vgl. auch GORODISSKY, Hoppe-Seylers Z. **175**, 261 (1928).

[7] E. LEHNARTZ, Ber. Physiol. **42**, 561 (1928) — Hoppe-Seyler Z. **184**, 1 (1929).

von uns bei Alkalisierung eines KCl-Extrakts aus Muskulatur (auf p_H 8—9) beobachtet wurde[1]. Dabei stellten wir fest, daß die Milchsäurebildung häufig nicht ausreicht, um die für die Synthese des Phosphagens erforderliche Energie zu liefern, da die Spaltung desselben eine positive Wärmetönung von etwa 120 cal pro Gramm Phosphorsäure besitzt. Andererseits konnte auch keine negative Wärmetönung während der Synthese gemessen werden, so daß die Energiequelle für die Reaktion bisher unbekannt war[2]. Es hat sich nun gezeigt, daß die Spaltung der von K. LOHMANN im Muskel aufgefundenen Adenylpyrophosphorsäure (Adenosintriphosphorsäure)[3] in Phosphorsäure, Ammoniak und Inosinsäure mit einer erheblichen Wärmetönung verläuft, und zwar 170 cal für Abspaltung von 1 g H_3PO_4 unter gleichzeitigem Freisetzen der Hauptmenge des Ammoniaks. Bei der Synthese des Phosphagens findet aber eine erhebliche Spaltung dieser Pyrophosphatverbindung statt. Ist ein Extrakt durch vorhergehende Autolyse von Adenylpyrophosphat befreit, so gelingt die Phosphagensynthese bei Alkalisierung nicht mehr, auch nicht nach Zusatz von Adenylsäure, wohl aber nach Zusatz ihrer Pyrophosphorsäureverbindung. Dabei ist in Abwesenheit von spaltbarem Kohlehydrat die synthetisierte Menge Phosphagen nur etwa so groß wie durch die Energie der Adenylpyrophosphatspaltung gedeckt werden kann, während bei Anwesenheit von Glykogen die Phosphagensynthese weiter schreitet unter gleichzeitiger Milchsäurebildung. Auch dann ist die zur Synthese erforderliche Energie durch die Summe der Spaltungsenergien von Glykogen zu Milchsäure und Adenylpyrophosphat zu Inosinsäure, Ammoniak und Phosphat ganz oder nahezu gedeckt.

Das Verständnis für diese merkwürdige Koppelung von Reaktionen in dem strukturlosen Muskelauszug wird erleichtert durch die von uns gemachte Beobachtung, nach der das Adenylpyrophosphat — zusammen mit Magnesium — das Koferment der Milchsäurebildung ist[1]. Diese Kofermentrolle besteht offenbar darin, daß die Veresterung des Phosphats, die der Spaltung des Kohlehydrats in Milchsäure vorhergeht, unter gleichzeitiger Aufspaltung von Adenylpyrophosphat verläuft, während im weiteren Verlauf der Spaltung dieses wieder resynthetisiert wird. Der Kreislauf des Adenylpyrophosphats unterhält auf diese Weise die Milchsäurebildung. Die Synthese des Phosphagens wird danach im enzymhaltigen Muskelextrakt, und wahrscheinlich ebenso im lebenden Muskel, durch die Spaltungsenergie der Adenylpyrophosphorsäure ermöglicht, während die Energie der Milchsäurebildung (aus Phosphorsäureestern) dazu dient, das zerfallene Pyrophosphat wieder neu aufzubauen. Auch diese Synthese der Adenylpyrophosphorsäure aus den Spaltprodukten sowie die anderen genannten Teilphasen der Reaktionskette sind von uns im einzelnen beobachtet worden. Diese energetische Erklärung ist zunächst nur für den Extrakt des Kaltblütermuskels gesichert. In Extrakten aus Kaninchenmuskulatur kommt es wahrscheinlich durch sekundäre Umsätze der Reaktionsteilnehmer sowie den Gehalt des Extrakts an einer zweiten, kofermentartig wirkenden Adenylsäureverbindung zu Komplikationen, so daß hier die energetische Bilanz oftmals weniger gut stimmt.

Heidelberg, Kaiser Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung, Institut für Physiologie, den 28. Mai 1931. O. MEYERHOF und K. LOHMANN.

[1] O. MEYERHOF u. K. LOHMANN, Biochem. Z. **196**, 22 (1928).
[2] O. MEYERHOF, Naturwiss. **17**, 283 (1929).
[3] K. LOHMANN, Naturwiss. **17**, 624 (1929) — Biochem. Z. **233**, 460 (1931).

[1] K. LOHMANN, Naturwiss. **19**, 180 (1931).

Besprechungen.

JEANS, SIR JAMES, **Sterne, Welten und Atome (The Universe around us).** Aus dem Englischen übersetzt von RUDOLF NUTT. Stuttgart-Berlin: Deutsche Verlags-Anstalt 1931. 384 S. Preis RM 10.—.

Die Umstellung, die die letzten beiden Jahrzehnte in der Astronomie, hauptsächlich unter dem Einfluß der stürmischen Entwicklung der Physik, gebracht haben, verlangt nach neuen Darstellungen, nicht nur für den Fachgelehrten, sondern noch mehr für den größeren Kreis allgemein naturwissenschaftlich Interessierter. Dazu gesellt sich ein sichtbar zunehmendes Bedürfnis nach philosophischer Durchdringung des rein stofflichen Gehaltes. Dem Zusammenwirken dieser beiden Umstände ist es wohl vor allem zu danken, daß das Buch von JEANS, wie in der Ankündigung der zweiten englischen Auflage mitgeteilt wird, innerhalb weniger Wochen in England und Amerika in 40000 Exemplaren verkauft worden, daß es also ein richtiges „Modebuch" geworden ist.

Bei allen astronomisch-physikalischen Arbeiten JEANS' steht die Kosmogonie, durch die er zur Astronomie gekommen ist, im Vordergrund. Wie verschieden man auch über den Wert oder Unwert kosmogonischer Betrachtungen überhaupt denken mag, so wird doch kein Astronom verkennen, daß wir den beiden großen Zusammenfassungen eigener und fremder Spezialarbeiten in den Büchern „Problems of Cosmogony and Stellar Dynamics" und „Astronomy and Cosmogony" eine Fülle von Aufschlüssen zu verdanken haben. Etwas anderes ist es, wenn der Verfasser dieser beiden für die engeren Fachkreise bestimmten Bücher den nächsten Schritt tut, seine Ergebnisse zu popularisieren und über das Ganze zu philosophieren. Zwar, das sei hier ausdrücklich bemerkt, JEANS bleibt stets zuverlässig in den rein sachlichen Angaben — wenn man auch manchmal das Spielen mit Zahlen und nicht ganz zutreffenden Vergleichen gern ein wenig eingeschränkt sähe — und er weist ehrlich darauf hin, wenn er „ein Gebiet betritt, auf dem noch keine Übereinstimmung der Meinungen herrscht". Darin unterscheidet sich das vorliegende Buch vorteilhaft von einem anderen, das der gleiche Verlag kürzlich in deutscher Übersetzung herausgebracht hat und das so ziemlich das leichtfertigste Geschwätz enthält, das mir seit vielen Jahren begegnet ist: MAURICE MAETERLINCKS „Geheimnisse des Weltalls".

Aber aus dem Buch spricht eine, schwer auf eine bestimmte Formel zu bringende, geistige Haltung, die man angesichts des Echos, das gerade solche Bücher zur Zeit finden, nicht ohne eine gewisse Besorgnis beobachtet. Sie ist eng verwandt der Einstellung, die WELLS in seiner „Weltgeschichte" einnimmt und erinnert bedenklich an die Atmosphäre, welche um die Jahrhundertwende die Verquickung von HAECKELS Welträtseln mit NIETZSCHES Zarathustra erzeugt hat. Man kann außerordentlichen Genuß haben von dem Buch, wenn man es mit dem nötigen Vorbehalt liest; denn es ist die geistreiche Plauderei eines den Stoff

überlegen beherrschenden Physiker-Astronomen. Man wird aber bezweifeln dürfen, ob die Verquickung mit einer etwas primitiven Naturphilosophie dem Buche zum Vorteil gereicht.

Eins ist Vorbedingung für wirklichen Genuß: daß man das englische Original liest, in dem die vollendete Darstellungskunst JEANS' voll zur Geltung kommt, nicht aber die deutsche Übersetzung, die von einem Manne besorgt ist, der weder den physikalischen noch den astronomischen Inhalt des Buches verstanden zu haben scheint und der, wenn überhaupt Deutsch seine Muttersprache ist, mit dieser Sprache auf keinem sehr guten Fuße steht. H. KIENLE, Göttingen.

REICHENBACH, HANS, **Atom und Kosmos.** Berlin: Deutsche Buchgemeinschaft 1930. 322 S. 12 × 19 cm. Preis RM 4.90.

Dieses Buch ist gegenüber ähnlichen durch seine Tendenz ausgezeichnet. Es will keine Fachkenntnisse vermitteln, sondern einen Einblick in die *Denkweise* der modernen Physik geben und zeigen, wie sich aus ihr ein neuer Standpunkt zur Betrachtung der Welt ergibt. Im besonderen soll gezeigt werden, daß die alten Kategorien KANTS gesprengt werden, da diese nur für die Welt der mittleren Dimensionen gelten, daß darüber hinaus die Welt des Großen, die Himmelsmechanik von den raumzeitlichen Beziehungen der Relativitätstheorie beherrscht wird, während in der Welt des Kleinen das Kausalprinzip durch die statistischen Beziehungen der Quantentheorie abgelöst wird. Man sieht, das Buch enthält alles, was den Physiker von heute bewegt, von der Relativitätstheorie bis zur Unbestimmtheitsrelation HEISENBERGS und es ist sehr interessant zu sehen, wie die Aufgabe einer populären Darstellung dieses gewaltigen Gebietes gelöst ist.

Dabei ist der Kreis, an den sich das Buch wendet, sehr groß. Es ist entstanden aus Vorträgen, die REICHENBACH im Winter 1929/30 im Berliner Rundfunk gehalten hat bzw. aus einer nachträglichen Niederschrift derselben, die überarbeitet und durch einige Abbildungen ergänzt ist. Fachkenntnisse werden nicht vorausgesetzt und jedwede mathematische Formel vermieden. Trotzdem muß natürlich ein Überblick über die ganze Physik der Gegenwart gegeben werden. Es ist erstaunlich, wie gut das dem Verfasser gelungen ist. Es ist *doch* möglich, den ganzen Apparat von Formeln und experimenteller Technik, so sehr er für den Fachmann unumgänglich ist, zu entbehren und trotzdem letzte gedankliche Einsichten in den Sinn und die Resultate wissenschaftlicher Arbeit zu übermitteln. Es gelingt dies REICHENBACH durch sorgfältige Konzentration auf das Wesentliche und durch eine hervorragend eindringliche, schöne Sprache, die keinen Augenblick den Leser aus ihrem Banne läßt. Einige Proben davon seien hier angeführt. Bei der Begründung der Wahrscheinlichkeit heißt es: „Wir sind im praktischen Leben in bezug auf Gewißheit überhaupt nicht sehr anspruchsvoll . . . wir dürften wegen der Erfahrungen der Verkehrsunfallstatistik keinen Straßendamm überschreiten, ja wir hätten den berühmten Ziegelstein zu fürchten, der als philosophisches Bild des Zufalls auf jedem Dache lauert und wartet, um jederzeit auf unsere Köpfe zu stürzen und zu beweisen, daß Unwahrscheinlich nicht dasselbe wie Unmöglich bedeutet." Oder an anderer Stelle tiefer und für die Tendenz des Buches bezeichnend: „Die Wirklichkeit stellt sich als viel zu kompliziert heraus, als daß die Ordnungsformen überkommener Denkformen ihr noch genügen könnten: die spekulative Kraft menschlichen Denkens wird noch übertroffen durch die Variationsbreite der Natur und wir haben deshalb keinen besseren Weg zur Entdeckung neuer Denkmöglichkeiten als die Untersuchung der konkreten Probleme, die die Natur uns aufgibt." Auf dieses Ziel, auf den Nachweis, daß die moderne Physik das Aufgeben der aus der schulmäßigen Philosophie übernommenen Begriffe notwendig macht, ist die ganze Darstellung im Buche eingestellt. Und, was das Wichtigste ist, von diesem Gesichtspunkte aus ist alles, was gebracht wird, neu durchgedacht, nicht bloß referiert. Das gibt der Darstellung eine Wärme, die den Leser packt und geeignet erscheint, weiten Kreisen unsere Wissenschaft nahezuführen. Man lese z. B. „Nichts hieße jedoch die Physik mehr verkennen als solches Abprallen an der harten Schale der Fachbegriffe, mit denen sie sich ummauert hat. Wem es gelingt, hinter diese Mauer zu blicken, der wird dahinter eine Wissenschaft voll lebendiger Fragestellungen erkennen, voll innerer Bewegtheit und voll der großen Spannung, Antwort zu finden auf die Fragen des erkenntnissuchenden Geistes. Sie hat uns gelehrt, daß Vernunft nicht ein starres Gerüst logischer Schulfächer, daß Denken nicht die ewige Wiederholung überkommener Normen bedeutet, sondern daß der Mensch mit der Erkenntnis wächst und in sich die Möglichkeit zu Denkformen trägt, die er auf früherer Stufe nicht zu ahnen vermochte."

Die 4 Abschnitte des Buches sind: 1. Raum und Zeit, 2. Licht und Strahlung, 3. die Materie, 4. naturphilosophische Folgerungen. Am Anfang stehen also die besonders abstrakten Überlegungen über nichteuklidische Geometrie und allgemeine Relativitätstheorie. Dann erst folgt der Abschnitt über Licht und Strahlung, der dem Referenten ganz besonders gelungen aufgebaut erscheint, so daß wohl mancher Leser ihn leichter finden wird als den ersten. Der Abschnitt über Relativitätstheorie ist ganz auf das Prinzipielle und Abstrakte eingestellt und gewisse Folgerungen der speziellen Relativitätstheorie, wie der Satz von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, der der Anschauung etwas näher liegt, werden nur gestreift.

Es erscheint dem Referenten nicht ausgeschlossen, daß bei einer Umstellung der ersten beiden Abschnitte gewisse Härten in der Darstellung der Relativitätstheorie beseitigt werden können.

Das Buch wird alle erfreuen, die der modernen Physik nahe stehen und die wie REICHENBACH glauben, daß aus ihr eine neue Philosophie erwächst.

E. REGENER, Stuttgart.

ROSSELAND, SVEIN, **Astrophysik auf atomtheoretischer Grundlage.** Struktur der Materie in Einzeldarstellungen, XI. Berlin: Julius Springer 1931. VI, 252 S. und 25 Abbild. 14 × 22 cm. Preis geh. RM 19.80, geb. RM 21.20.

In der Astrophysik ist heute mehr denn je Zusammenarbeit zwischen Astronomen und Physikern notwendig, sollen anders die Möglichkeiten voll ausgeschöpft werden, welche die Verbindung der neuen Erkenntnisse in der Physik mit den Ergebnissen der neuen Beobachtungsmethoden in der Astronomie darbietet. Der Versuch solcher Zusammenarbeit stößt vielfach auf die Schwierigkeit, daß der Astronom nicht genügend weiß von der modernen Physik, während dem Physiker spezifisch astronomische Problemstellungen und Arbeitsmethoden fremd sind. Die Bedeutung des ROSSELANDschen Buches scheint mir vor allem in der Richtung zu liegen, daß es das gegenseitige Verständnis der Astronomen und Physiker fördern und das Zusammenfinden zu gemeinsamer Arbeit erleichtern hilft.

Es war ein glücklicher Gedanke der Herausgeber, daß sie ein solches Buch in die Sammlung „Struktur

der Materie" aufnahmen und daß sie gerade ROSSELAND baten, es zu schreiben. ROSSELAND sieht die astronomischen Probleme, beherrscht die physikalischen und mathematischen Methoden und steht genügend über den Dingen, um in dem Widerstreit der sich teilweise bereits herausbildenden Lehrmeinungen objektiv abwägen und Wege weisen zu können.

Das erste Kapitel „Astrophysikalische Beobachtungstatsachen" bringt ganz knapp — vielleicht für Physiker zu knapp? — das Allernotwendigste über Spektra, Temperaturen, Helligkeiten, Masse, Dichte und Durchmesser der Sterne. Im zweiten Kapitel werden die „physikalischen Grundlagen zum Problem des Sterninnern" entwickelt, die dann im dritten Kapitel unter Hinzunahme hydrodynamischer Betrachtungen zur vollständigen Theorie des inneren Aufbaues der Sterne führen. Nach einem kurzen Zwischenakt, der kosmogonischen Betrachtungen gewidmet ist, folgen die beiden Kapitel, in denen sich bisher die Auswirkung atomtheoretischer Betrachtungen am fruchtbarsten für die Astronomie gestaltet hat: „Physik der Sternatmosphäre" und „Problem der Gasnebel".

ROSSELAND macht da, wo es notwendig ist und wo man wirklich etwas rechnen *kann*, freien Gebrauch von mathematischen Entwicklungen. Dabei geht er meist eigene Wege und übernimmt nicht einfach die herkömmlichen Darstellungen. Nirgends versteckt sich hinter Formeln eine Unsicherheit in den physikalischen Grundlagen; vielmehr werden die Grenzen der mathematischen Berechnung, die Einflüsse der Idealisierungen und Vernachlässigungen überall aufgewiesen und abgeschätzt. Im übrigen enthält das Buch viel von der Physik, die, ohne zu rechnen, Wesentliches über die Dinge zu sagen weiß.

Daß nur wenig fertige Lösungen dargeboten werden, liegt in der Natur der Sache und erscheint insofern als ein Vorzug, als dadurch keine übertriebenen Vorstellungen erweckt werden von dem tatsächlichen Umfang unserer Kenntnisse. Das Buch wird seine Aufgabe erfüllen, wenn es die Leser, für die es in erster Linie bestimmt ist — Physiker und physikalischen Problemen zugängliche Astronomen — zu den Problemen hinführt, um deren Lösung sich zu bemühen eine dankbare Aufgabe ist. H. KIENLE, Göttingen.

PAYNE, C. H., **The Stars of High Luminosity.** Harvard Monograph Nr 3. New York and London: McGraw-Hill Book Company 1930. XIII, 320 S. 15×23 cm.

Als dritter Band der vom Harvard Observatory herausgegebenen Serie von Monographien ist vor kurzem ein Buch von Miß PAYNE über die Sterne großer Leuchtkraft erschienen. Die Behandlung des Stoffes ist eine rein empirische; auf theoretische Überlegungen wird nur so weit eingegangen, als dies notwendig erscheint, um aufgestellte Theorien an dem vorhandenen Beobachtungsmaterial zu prüfen.

Zu den Sternen großer Leuchtkraft werden alle Sterne gerechnet, deren Leuchtkraft das 6oofache der Leuchtkraft der Sonne übersteigt ($m_{abs} \leqq -2^m{}_5 0$). Ihre Anzahl (ungefähr 20000) ist sehr klein im Verhältnis zur Gesamtzahl der Sterne. In einem einleitenden Teil wird dann ganz allgemein auf die Bedeutung dieser Übergiganten für die verschiedensten Gebiete der Stellarastronomie und Astrophysik (insbesondere für die Entfernungsbestimmung entfernter Sternsysteme und für Stabilitätsfragen beim inneren Aufbau der Sterne) hingewiesen.

Es folgt ein Kapitel über die Photometrie von Sternspektren, das einen kurzen Überblick über die Hauptmethoden der Photometrie des Kontinuums und der Spektrallinien gibt. Der Uneingeweihte erhält daraus leider nicht genügend den Eindruck, mit welch großen Schwierigkeiten sowohl die exakte Photometrie des Kontinuums als auch ganz besonders die exakte Photometrie der Spektrallinien zu kämpfen hat; Schwierigkeiten, die der Grund dafür sind, daß wir heute erst von einigen wenigen Fundamentalsternen den Intensitätsverlauf im kontinuierlichen Spektrum kennen (besonders durch die Arbeiten in Göttingen und Greenwich), und daß an exakter Linienphotometrie noch so gut wie gar kein Beobachtungsmaterial (außer bei der Sonne) vorliegt.

Das dritte Kapitel enthält Ausführungen über die Interpretation der Formen von Spektrallinien. An Hand von Harvard-Objektivprismenspektren wird versucht, zwischen verschiedenen theoretischen Formeln für Linienkonturen zu entscheiden. Die von UNSÖLD angegebene theoretische Kontur wird dann dazu benutzt, die Zahl der Atome in der Sternatmosphäre abzuleiten, die bei der Absorption der betreffenden Linie mitwirken. Die sich daraus ergebende quantitative Analyse der Sternatmosphären ist in den zwei letzten Kapiteln des Buches behandelt. Besonders bemerkenswert ist in dieser Hinsicht die aus den Beobachtungen folgende abnorm große Häufigkeit von Wasserstoff in den Atmosphären der roten Übergiganten, die die Annahme thermodynamischen Gleichgewichts als nicht zutreffend erscheinen läßt. Man bemerkt jedoch dabei, wieviel noch auf dem Gebiet exakter Linienphotometrie zu tun ist, bis eine wirklich endgültige Entscheidung über die physikalischen Vorgänge bei der Ausbildung von Absorptionslinien in Sternspektren möglich ist.

Kapitel 4 gibt eine wertvolle Zusammenstellung über das Vorkommen der Sterne großer Leuchtkraft in verschiedenen Sternsystemen, während im nächsten Kapitel die Spektren bekannter Übergiganten auf Eigentümlichkeiten untersucht werden, die es ermöglichen sollen, bei anderen Sternen aus dem Spektrum allein zu entscheiden, ob man es mit Übergiganten oder mit gewöhnlichen Riesen zu tun hat. Besonders wichtig ist die Feststellung, daß bei frühen B-Typen der von Miß MAURY entdeckte c-Charakter (scharfe Linien) nicht mehr, wie bei den späteren Spektralklassen, eine notwendige Bedingung für große Leuchtkraft darstellt.

Die folgenden sechs Kapitel enthalten der Reihe nach ein großes Material an Beobachtungsergebnissen über O-Sterne, normale B-Sterne, Übergiganten von Klasse B, normale A- und F-Sterne, A-Sterne großer Leuchtkraft und über normale Sterne von F bis K. Es ist unmöglich, auf jedes Kapitel genauer einzugehen. Die folgenden, mir wichtig erscheinenden Einzelheiten seien jedoch noch besonders erwähnt.

Im Zusammenhang mit den zahlreichen neueren Arbeiten über die Existenz einer selektiven Absorption des Lichtes von merklichem Betrage im interstellaren Raum, die vor allem durch die Untersuchungen von TRÜMPLER über offene Sternhaufen (s. z. B. Naturwiss. **18**, 725) hervorgerufen wurden, sind die in § 44 enthaltenen Ausführungen über Diskrepanzen, die bekanntlich bei zahlreichen O- und B-Sternen zwischen der mit Hilfe der Ionisationstheorie abgeleiteten Temperatur und dem Verlauf der Strahlungsintensität im kontinuierlichen Spektrum bestehen, ganz besonders wichtig. Die Farbtemperaturen sind, wenn überhaupt eine Unstimmigkeit vorliegt, *stets kleiner* als die Ionisationstemperaturen, so daß zahlreiche O- und B-Sterne eine in bezug auf ihren Spektraltypus abnormal rote Farbe zeigen. Die erwähnten neueren Arbeiten über selektive Absorption stützen sich nun so gut wie ausschließlich auf Farbenexzesse, die bei zahlreichen

entfernten Sternen der frühesten Spektraltypen beobachtet sind. Sie suchen also die Ursache der Diskrepanz zwischen Farb- und Ionisationstemperatur in einer im interstellaren Raum vorhandenen selektiven Absorption des Lichtes. Da aber diese Unstimmigkeiten in recht erheblichem Maße auch bei zahlreichen hellen, also relativ nahen O- und B-Sternen auftreten, so schließt Miß PAYNE mit Recht: But the thought most fatal to space reddening is that if the effect is so large for fourth- and fifth-magnitude stars, faint blue stars in the Milky Way would be unobserved; and this is contrary to the facts. The decision seems to place the cause of the observed reddening at the surface of the star itself.

Jedenfalls scheint es nicht möglich zu sein, den *gesamten* Betrag der beobachteten Farbenexzesse durch interstellare selektive Absorption zu erklären. Solange jedoch nichts Quantitatives, ja nicht einmal etwas Qualitatives über selektive Absorption in den Atmosphären der Sterne früher Spektraltypen bekannt ist, lassen sich beide Effekte nicht trennen. Das Problem der Farbenexzesse bei frühen Spektraltypen ist offenbar aufs engste verknüpft mit der Frage nach der Existenz einer interstellaren selektiven Absorption des Lichts, und umgekehrt.

Kapitel 12 und 13 behandeln die Übergiganten der Spektralklassen F bis M, also diejenigen Sterne, die den veränderlichen Sternen am nächsten stehen. Es folgt dann eine eingehende Untersuchung der wichtigsten Typen von veränderlichen Sternen, insbesondere der δ Cephei-Sterne, der langperiodischen und der unregelmäßigen Veränderlichen; bildet doch die Erforschung des physikalischen Zustandes dieser Sterne ein Zentralproblem der Physik der Sterne großer Leuchtkraft. Dazu liefert Kapitel 14 einen bemerkenswerten Beitrag. Man erhält beim Lesen dieser Ausführungen vor allem wieder den Eindruck, wieviel an photometrisch einwandfreiem Beobachtungsmaterial noch gesammelt werden muß, um die Fülle der auftauchenden Fragen auch nur einigermaßen beantworten zu können.

In den beiden letzten Kapiteln wird, wie schon erwähnt, eine quantitative Analyse der Sternatmosphären zu geben versucht, soweit das mit dem vorhandenen Beobachtungsmaterial heute schon möglich ist.

Im Vorwort des Buches betont Miß PAYNE, daß weitere Fortschritte in der Physik der Sternatmosphären nur durch besseres Beobachtungsmaterial erzielt werden können. In der Tat ist die mühevolle und in vieler Hinsicht schwierige Durchführung exakter photometrischer Arbeiten, weniger zu statistischen Zwecken als zum individuellen Studium wichtiger Objekte, dasjenige, was meines Erachtens zur Zeit für die Weiterentwicklung der Astrophysik am meisten not tut. Es bedeutet zweifellos ein Verdienst in dieser Monographie, die empirische Behandlung einer großen Reihe von Problemen versucht zu haben, und es ist zu hoffen, daß Anregungen zu exakten photometrischen Arbeiten davon ausgehen.

Das Buch zeugt von einer besonders umfassenden Literaturkenntnis, enthält es doch auf 278 Seiten Text nicht weniger als 662 Fußnoten. Besonders wertvoll wird es noch durch einen beigefügten Katalog von c-Sternen und einen solchen von δ Cephei-Sternen.

P. TEN BRUGGENCATE, Greifswald.

v. KRUDY, E., **Das Spiegelteleskop in der Astronomie.** Geschichtliche Darstellung der wissenschaftlichen Wertung und technischen Herstellung der Spiegelteleskope sowie leichtfaßliche Anleitung zur Selbstherstellung kleinerer Spiegelteleskope für Liebhaberastronomen. 2. wesentlich umgearbeitete Auflage von A. v. BRUNN. Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1930. IX, 118 S., 60 Figuren im Text und 3 Tafeln. Preis geh. RM 9.—, geh. RM 11.—.

Das allen Freunden der Astronomie wohlbekannte Buch liegt nunmehr in zweiter Auflage vor. Dank den gegenüber 1919 wenigstens äußerlich veränderten Zeitverhältnissen kann es sich dabei den Lesern in wesentlich besserem Gewande vorstellen. Inhaltlich hat es der Bearbeiter unter völliger Wahrung seiner besonderen Eigenart dem heutigen Stande der Dinge angepaßt und dementsprechend erweitert. Wenn es hierbei nötig war, manche Vor- und Fehlurteile, die sich in der ersten Auflage eingeschlichen hatten, zu ändern, so hatte es der Bearbeiter hierin um so schwerer, als es nach seinen eigenen Worten „eine überaus heikle Aufgabe ist, das Werk eines noch lebenden Autors zur Neuauflage zu überarbeiten, ohne sich dessen mindestens moralischer Unterstützung versichern zu können".

Wie gut diese Aufgabe, die aus der Ablehnung einer Umarbeitung durch den Verfasser entstand, gelöst ist, empfindet man gleich in den ersten beiden Kapiteln des Buches, die den Leser über die besonderen Eigenschaften und die Entwicklungsgeschichte des Spiegelteleskops aufklären sollen. Zu dem Zeitpunkt, wo in Amerika die Pläne für einen neuen Riesenspiegel von 5 m Durchmesser ausgearbeitet werden, liest man die kritischen Bemerkungen des Bearbeiters über Leistung und Leistungsfähigkeit großer Instrumente besonders gern. Die wichtige Rolle der lokalen atmosphärischen Verhältnisse bei der Aufstellung derartiger Instrumente für ihre wirkliche Ausnützung wird mehrfach hervorgehoben. Am Schlusse dieses Kapitels wird mit Recht auf die eigenartigen Konstruktionen eines unserer besten Spiegelschleifer, jedenfalls was kleinere Instrumente betrifft, B. SCHMIDT, Mittweida, hingewiesen. In diesen ersten beiden Kapiteln, deren Umfang bei der Neuauflage auf das Doppelte gewachsen ist, steckt die wesentliche Arbeit A. v. BRUNNS.

Der Rest des Buches, dessen Hauptstück ja die Anleitung zur Selbstherstellung von Spiegeln sein soll, ist im wesentlichen ungeändert geblieben. An der ausgezeichneten Darstellung dieses Teils konnte wohl auch kaum etwas wirklich verbessert werden. Die von KRUDY angegebene Methode ist die ohne Metallschleifschalen, bei der allein 2 Glasscheiben zum Schleifen benutzt werden. Nach der ausführlichen Beschreibung des Schleifens eines Parabol- und der Herstellung eines planen Newtonspiegels wird weiter eine einfache Anleitung zum Versilbern derselben gegeben. Dem folgt die Beschreibung einer entsprechenden Spiegelmontierung und nach einem Abschnitt über die Justierung des Instrumentes eine Anleitung zum Bau eines billigen Gartenobservatoriums.

Die Neuauflage ist, wie schon gesagt, vorzüglich ausgestattet und sehr geeignet, den großen Freundeskreis des Buches zu erweitern.

H. BRÜCK, Berlin-Potsdam.

FLADT, K., und H. SEITZ, **Astronomie** zum Gebrauch an den oberen Klassen der höheren Schulen, für jüngere Studierende und zum Selbststudium. Stuttgart: Adolf Bonz & Comp. 1929. 304 S., 103 Textfig. und 43 Abb. auf Tafeln und einem Titelbild. Preis RM. 6.80.

In der astronomischen Literatur gab es bisher neben den rein wissenschaftlichen Werken nur eine große Zahl von populären Büchern, während die Lehrbücher der Schule sich in der Hauptsache mit der Anwendung der Mathematik auf die Astronomie begnügten. Es ist daher sehr zu begrüßen, daß in dem vorliegenden Buch einmal ein gutes und brauchbares Lehrbuch der Astro-

nomie erschienen ist, das in knapper und wissenschaftlicher Form eine Einführung in das Gesamtgebiet der Astronomie gibt, und das nicht nur für die Schule, sondern vor allem auch den Studierenden der ersten Semester empfohlen werden kann.

Von den 7 Teilen des Buches behandeln die 3 ersten die klassische Astronomie. Der 1. Teil bringt die wichtigsten Beobachtungstatsachen der sphärischen Astronomie, während Teil 2 und 3 sich mit der Theorie der Planetenbewegungen und der Gravitation beschäftigen. Großes Gewicht ist dabei auf die geschichtliche Entwicklung gelegt, indem die Theorien und die zu ihnen führenden Gedankengänge, angefangen bei den griechischen Astronomen bis auf KEPLER und NEWTON, eingehend dargelegt werden. Ein Anhang, der im Rahmen eines Lehrbuches für die Schule vielleicht etwas zu viele mathematische Voraussetzungen enthält, bringt in gedrängter Form sämtliche wichtigeren Entwicklungen der sphärischen und theoretischen Astronomie.

Die 4 letzten Kapitel sind der modernen Astronomie gewidmet. Dem 4. Kapitel, in dem die neuzeitlichen Beobachtungsinstrumente und die astrophysikalischen Forschungsmethoden beschrieben sind, wäre ein etwas breiterer Raum zu wünschen gewesen, da lediglich die optischen Grundlagen der Fernrohre und die theoretischen Grundlagen der Spektralanalyse eingehender behandelt werden; auch wäre es kein Nachteil gewesen, wenn kurz auf die astronomischen Beobachtungen und ihre praktische Ausführung eingegangen worden wäre. Im 5. Teil werden die physikalische Natur der Sonne und der Mitglieder des Sonnensystems, sowie die Theorien über die Entstehung des Sonnensystems beschrieben; im 6. Teil die Physik der Fixsterne, die Veränderlichen und Doppelsterne und die Theorien über Aufbau und Entwickelung der Sterne; im 7. Teil endlich die Stellarastronomie, also Parallaxenbestimmung, Eigenbewegungen, Milchstraßensystem, ferner Sternhaufen und Nebel. Diese 3 letzten Kapitel sind mit großem Geschick zusammengestellt, indem aus der in den letzten Jahrzehnten stark angewachsenen Fülle von Beobachtungstatsachen alle bedeutenderen und gesicherten Erkenntnisse in äußerst klarer Form gebracht werden, so daß man nie, wie bei vielen populären Büchern, über zu vielen Einzelheiten den großen Zusammenhang verlieren kann. Als Abschluß ist dem Buche eine große Zahl von schönen Himmelsaufnahmen beigegeben.

O. SCHLIER, Heidelberg.

BRILL, ALEXANDER, **Über Keplers Astronomia Nova.** Vortrag geh. am 4. März 1930 in der Tübinger Dienstags-Gesellschaft. Tübinger Naturwiss. Abh. 13. Heft. Stuttgart: Ferdinand Enke 1930. 15 S. 16×25 cm. Preis geh. RM 1.10.

MAX CASPARS Übersetzung der Astronomia Nova[1] gab zu dem vorliegenden Vortrag Anlaß. Nach einem Überblick über den Stand der Astronomie vor KEPLER werden dessen Hauptwerke behandelt, die Astronomia Nova unter ausführlicherer Inhaltsangabe. Der Vortrag sucht vor allem in die KEPLER eigentümliche Forschungsmethode einzuführen.

A. KOPFF, Berlin-Dahlem.

[1] Naturwiss. **17**, 861 (1929).

Deutsche Meteorologische Gesellschaft.

(Berliner Zweigverein.)

In der Sitzung am 14. April 1931 sprach Herr Geh. Reg.-Rat Professor SÜRING **Über den neuen internationalen Wolkenatlas.**

Einleitend gab der Vortragende zunächst einige Tatsachen aus der Geschichte dieses Atlasses. Bereits 1895—1899 bestand im Internationalen Meteorologischen Komitee eine Kommission, die die Aufgabe hatte, einen Wolkenatlas zu schaffen und das sog. internationale Wolkenjahr 1896 vorzubereiten. Der ältere Wolkenatlas wurde dann auch im Jahre 1895 herausgebracht und erfuhr im Jahre 1910 eine zweite Auflage, die sich aber nicht sehr von der ersten unterschied. Im Jahre 1921 wurde dann eine neue Kommission unter dem Vorsitz von Sir NAPIER SHAW gebildet. Dieser legte 1922 eine Denkschrift mit einer umfangreichen Wolkenklassifikation vor, die sich aber nicht durchsetzen konnte. 1925 ging der Vorsitz an den Direktor des französischen meteorologischen Zentralbüros, E. DELCAMBRE, über, und es wurde der Plan gefaßt, einen neuen umfangreichen Atlas zu schaffen, der auch die besonders seit dem Kriege häufig vom Flugzeug aus gewonnenen Aufnahmen berücksichtigen sollte. Bereits 1926 konnte besonders unter Mitwirkung der englischen, französischen und spanischen Meteorologen der erste Entwurf eines großen Atlasses vorgelegt werden, der dann bis zur Kopenhagener Konferenz im Jahre 1929 unter Beteiligung auch anderer Staaten nochmals überarbeitet wurde. Damals wurde besonders betont, daß der Atlas vor allem als Hilfsmittel zur richtigen Anwendung des neuen international vereinbarten Schlüssels für die Verzifferung von Wolkenbeobachtungen notwendig sei, und da mit der Herausgabe des großen Atlasses nicht so bald gerechnet werden konnte, entschloß man sich zur Herausgabe des jetzt vorliegenden Auszuges[1].

Der erwähnte Schlüssel sieht 27 verschiedene Wolkentypen vor, und für diese sind auf 41 Tafeln charakteristische Vorlagen mit den erforderlichen kurzen Erläuterungen gegeben. Teilweise sind sie in zweifarbigem Druck ausgeführt, was die Plastik des Eindrucks sicher erhöht. Ein Textteil gibt eine ausführlichere Beschreibung der Wolkengattungen und daneben auch eine Anweisung für den Beobachter, welche Überlegungen er bei der Bestimmung der Wolkengattung und Wolkenart anzustellen hat, wie Richtung und Geschwindigkeit der Wolken festzulegen sind und betont schließlich die Notwendigkeit, die Entwicklung der Wolken zu beobachten, da nur, wenn diese bekannt ist, die Wolke richtig in das vorliegende Schema eingereiht werden kann. Gerade dieses Erfordernis legte der Vortragende unter Vorlage typischer Beispiele dar.

Daneben zeigte er, daß es in dem neuen Atlas gelungen ist, die einzelnen Formen schärfer zu definieren. Dies gilt vor allem für den Cumolonimbus, der jetzt als eine mächtige Wolkenmasse beschrieben wird, die eine starke vertikale Entwicklung zu Gebirgs- und turmartigen Formen hat, und deren oberer Teil eine

[1] *Internationales meteorologisches Komitee.* Internationaler Atlas der Wolken und Himmelsansichten. Auszug zum Gebrauch für den Beobachter aus der vollständigen Ausgabe. Textband II u. 46 S. 4°, 41 Tafeln. Paris 1930.

faserige Struktur zeigt. Die Bezeichnung Nimbus ist nicht mehr als selbständiger Ausdruck zu verwenden, sondern als Nimbostratus, wenn sich die regnende Wolke aus dem Altostratus entwickelt, oder in der eben erwähnten Verbindung mit dem Cumulus. Im Gegensatz zur früheren Wolkenklassifikation geht die neue nicht so ausschließlich von der Höhenlage aus, sondern stellt mehr den Aufbau der Wolken in den Vordergrund. Wenn z. B. für die Familie der „Hohen Wolken", die die Gattungen Cirrus, Cirrocumulus und Cirrostratus umfasst, als mittlere Mindesthöhe 6000 m angegeben wird, so wird doch ausdrücklich betont, daß in Sonderfällen sehr starke Abweichungen von diesen mittleren Höhen vorkommen können. Auch in gemäßigten Zonen sind Cirren bereits in 3000 m Höhe festgestellt worden, und im Polargebiet treten sie bereits in Bodennähe auf. Der zweiten Wolkenfamilie, den „Wolken in mittlerer Höhe" mit den Gattungen: Altocumulus und Altostratus, wird eine mittlere Maximalhöhe von 6000 m und eine mittlere Mindesthöhe von 2000 m zugeschrieben. Die „tiefen Wolken", Gattungen Stratocumulus und Stratus, haben eine mittlere Maximalhöhe von 2000 m und können bis zum Boden herabreichen. Dagegen können die „Wolken mit vertikalem Aufbau" mit den Gattungen: Nimbostratus, Cumulus und Cumulonimbus von einer mittleren Mindesthöhe von 500 m durch alle Wolkenetagen bis zur Cirrushöhe hinaufreichen. Den für die einzelnen Formen gegebenen Beispielen ist eine schematische Zeichnung beigefügt, die in Verbindung mit textlichen Ausführungen das Verständnis für die Vorgänge in den Wolken fördern soll.

Zum Schluß seiner Ausführungen machte der Vortragende noch einige Mitteilungen über die zukünftigen Absichten der Wolkenkommission. Neben dem großen Atlas ist die Schaffung eines Atlasses der tropischen Wolken geplant. Ein weiterer Atlas über die Physik der Wolken dürfte erst in Angriff genommen werden können, wenn die Ergebnisse des in Aussicht genommenen internationalen Wolkenjahres vorliegen, bei dem vor allem eine reichhaltige Verwendung der Wetterflugzeuge beabsichtigt ist. Kn.

Zoologische Mitteilungen.

Über das sibirische Mammut hat I. P. Tolmachoff allerhand Wissenswertes zusammengestellt, besonders über die gefrorenen Mammutleichen, deren Auffindung ja seit bald 300 Jahren jedesmal wieder allgemeinem Interesse begegnet (I. P. Tolmachoff, The Carcasses of the Mammoth and Rhinoceros Found in the Frozen Ground of Siberia. Transact. Amer. Philosoph. Soc., N. S. **23**, 1—74, Philadelphia 1929). In Sibirien erzählen sogar die *Sagen* davon: das Mammut war zu groß, um in der Arche Noahs Platz zu finden; oder: das Mammut wurde zwar durch Noah vor der Sintflut gerettet, aber beim Aussteigen aus der Arche war der Boden zu sehr durchweicht, um das riesige Tier zu tragen, es versank in die Erde, aus der man es jetzt ausgräbt; und ähnliches mehr.

Dem Gebrauchswert des Stoßzahnmaterials verdankt man es, daß von jeher auf Mammutfunde geachtet wurde. Schon im 4. vorchristlichen Jahrhundert sind Mammutreste nach China gebracht worden. Mindestens seit 200 Jahren betreibt Nordsibirien einen regulären *Handel* mit dem fossilen Elfenbein. Elfenbeinsucher waren es, welche all die gefrorenen Mammutleichen entdeckten, die dann später von Wissenschaftlern untersucht und beschrieben wurden. Eine in Jakutsk berechnete Durchschnittszahl von 187 Mammutfunden in Nordsibirien pro Jahr ist für die Zeit vor der Entdeckung der Neusibirischen Inseln zu hoch gegriffen, für die letzten 100—150 Jahre ist sie zweifellos zu niedrig — 250 dürfte zutreffender sein —.

Bei diesen Funden handelt es sich aber selten um eingefrorene *Leichen*. Der erste Bericht über einen solchen Kadaver stammt von 1692, und seitdem sind im ganzen 34 wirkliche Mammutleichen und 5 gefrorene Rhinozeros, alle aus Nordsibirien, zur Untersuchung gekommen. Daß Mammutreste stets so viel häufiger sind und meist in Massen gefunden werden, während Nashörner gewöhnlich Einzelfunde darstellen, entspricht den Sitten der heutigen Verwandten dieser Tiere: die Elefanten leben in Herden, das Rhinozeros für sich allein.

Wenn nun in einem Land, das jetzt jährlich von mindestens 250 Mammuten Stoßzähne liefert und fast alle aus gefrorenem Untergrund, in mehr als zwei Jahrhunderten nur 39 Leichen gefunden sein sollen, so liegt das Übel darin, daß der Finder eben nur Elfenbeinsucher ist, dem es ganz gleichgültig ist, was etwa außer den Zähnen noch in der Erde steckt. In Sibirien, das ja auch geologisch und geographisch noch genügend Probleme zu bieten hat, müßten sich rationell verteilt Wissenschaftler niederlassen; die noch vorhandene Möglichkeit, gute Mammut- und Nashornkadaver zu entdecken, würde dadurch bedeutend erhöht.

Die *geographische Verbreitung* des Mammut reichte von den Pyrenäen über die Beringstraße bis nach Alaska, in Sibirien von 76° 47′ nördl. Breite 27 Breitengrade weit südwärts. Auf den Neusibirischen Inseln wurden Mammutreste in solcher Unmenge gefunden, daß man diese Inseln als Mammut-Friedhöfe bezeichnen könnte, oder, praktischer ausgedrückt, als wahre Elfenbein-Minen. Übrigens war dies arktische Mammut kleinwüchsiger als das südsibirische. Westlich des Weißen Meeres, Onega- und Ladoga-Sees sind Mammutfunde spärlich, in Skandinavien fehlen sie ganz.

Das *Klima* im nördlichen Sibirien hat sich seit der Mammutzeit, wenn überhaupt, nur wenig geändert. Die im Maul und im Magen der Mammutleichen gefundenen Pflanzen sind Moose, Gräser und Blumen, wie sie noch heute dort auf den Tundren wachsen; Winternahrung waren die jüngeren Triebe verschiedener Bäume — zwischen Tundren und Wäldern wanderten die Mammutherden umher. Jedenfalls haben all die Mammute, deren Leichen man fand, nicht zu hungern brauchen, sie waren wohlgenährte, oft fette Tiere. Natürlich waren sie so genügsam in ihrer Art, wie heute die Renntiere, die bei noch so kümmerlich scheinender Vegetation in noch so kurzen Sommern erstaunlich viel Fett ansetzen.

Das sibirische Mammut war gewiß das jüngste seines Stammes. Über das *geologische Alter* seiner Fundschicht herrschen Meinungsverschiedenheiten. Das Mammut des europäischen Rußland ist in Ablagerungen der allerletzten Phasen der Eiszeit gefunden, Tolmachoff hat jeden Grund anzunehmen, daß das sibirische sein Zeitgenosse oder gar sein Nachfolger war. Jedenfalls wurden alle Mammutleichen in den obersten Schichten gefrorenen Tundrabodens gefunden. Ungenaue Ausdrucksweise in einer 1807 erschienenen Veröffentlichung ist schuld an der Vorstellung von in Eis steckenden Mammutleichen. So etwas wäre zwar theoretisch möglich, denn es gibt dort schichtenweise Boden-

eis, tatsächlich ist aber weder Mammut noch Nashorn gerade darin gefunden worden. Das massive Eis ist augenscheinlich rezentes, junges Produkt des sibirischen Klimas.

Um überhaupt *mit Fleisch und Blut erhalten* zu bleiben, mußte ein Mammut schnell begraben werden, sofort vor Verfall geschützt. So schwierig derartiges in unserem gemäßigten Klima wäre, so zahlreich sind solche Möglichkeiten in der Arktis — damals wie heute, wo dort angetriebene Walkadaver leicht in den Boden einfrieren und dann über Menschengedenken hinaus frisch bleiben. Zwei von den vielen möglichen Umständen sind besonders einleuchtend und für einzelne Fälle unbezweifelbar nachgewiesen. Erstens sind Mammute in den sehr zähen Schlammströmen der frühjahrlichen Eisschmelze steckengeblieben, eingesunken, von Wasser und Schlamm überflutet und erstickt worden. Solche Kadaver wurden aufrecht stehend gefunden. Als Beweis für ihren Erstickungstod wird bei 2 Exemplaren Erektion des Penis angeführt. Zweitens sind Mammute in Flüssen und Seen ertrunken, z. B. durch Einbrechen einer Eisdecke, und dann sind sie am Grunde eingefroren; dafür gibt es heutzutage genügend Beispiele; entweder hat sie dann Sediment an Ort und Stelle zugedeckt, oder sie wurden mit dem Lauf des Flusses verfrachtet, um erst auf sekundärer Lagerstätte wieder festzufrieren.

Es ist aber eine Legende, daß das gefrorene Mammutfleisch tadellos frisch sei! — wenn auch im Prinzip solches Gefrierfleisch, wäre es sicher in frischem Zustand gefroren, unendlich haltbar sein müßte —. In Wirklichkeit verströmen die Kadaver und die sie umgebende Erde einen fürchterlichen Geruch. Das Fleisch ist zwar hellrot, das Fett rein weiß oder gelblich, Hunde und wilde Tiere fressen es gierig. Einem mutigen Forschungsreisenden hat es aber . . . nicht geschmeckt. Freilich ist noch nie ein Wissenschaftler direkt nach der Entdeckung einer Mammutleiche an Ort und Stelle gewesen, im Gegenteil vergingen gewöhnlich ein bis zwei und mehr Jahre bis zur Hebung eines solchen Fundes aus der — allerdings festgefrorenen — Erde.

Die Mammute waren also außerordentlich zahlreiche Tiere. Sie bewohnten ungeheure Gebiete, überall geradezu florierend. (In dem kleinen Schwabenland sollen nach W. O. Dietrich [1912] seit dem Jahre 1700 bei zufälligen Grabungen Reste von durchschnittlich 15 Individuen jährlich ans Tageslicht kommen; beim Bau eines Hafens am Rhein-Herne-Kanal wurden 1929/30 128 verschiedene Mammutreste, allein die Backzähne von 43 Individuen gefunden. Ref.) Es ist daher besonders schwierig, eine Ursache für ihr *vollständiges Aussterben* zu finden. Man kann es überhaupt nicht mit einzelnen Gründen „erklären". Unter anderem ist behauptet worden, der Urmensch habe das Mammut ausgerottet; in Wirklichkeit war der Urmensch dazu viel zu kümmerlich bewaffnet, er konnte nur hier und da ein Mammut in Gruben fangen und das Verhältnis wird wahrscheinlich so gewesen sein wie das zwischen Negern und Elefanten in Afrika vor Einführung der Feuerwaffen: der Urmensch hat das Mammut eher gemieden als gejagt, und er wird nicht mehr Mammute haben töten können als umgekehrt das Mammut Menschen. Die verschiedenen Theorien über ein Aussterben des Mammuts wegen körperlicher Mängel: zu langen Stoßzähnen, zu dünner Haut, zu plumpen Füßen . . . lassen die Tatsache außer acht, daß ja das Mammut keineswegs das einzige Tier der Jungdiluvialzeit war, welches inzwischen ausgestorben ist. Das gleichfalls ausgestorbene Wollhaar-Nashorn war sein Begleiter und auch andere Tiere, von welchen einige mehr oder weniger gleichzeitig mit dem Mammut verschwunden sind.

Durch dies gemeinsame Aussterben gewinnt die These an Wahrscheinlichkeit, das Erlöschen des Mammuts und der „Mammutfauna" sei von Klimawechsel verursacht. Das Mammut konnte ja aber immer in andere Klimagebiete weiterwandern, und gerade in Sibirien hat sich doch das Klima seit der Mammutzeit nicht geändert, außerdem liefert die Stammesgeschichte des *Elephas primigenius* genügend Beweise für hervorragende Anpassungsfähigkeit an verschiedene Klimate. An keiner der in Sibirien gefundenen Mammutleichen deutete etwas auf Entbehrungen hin; nur wohlgenährte, gesunde Tiere wurden ausgegraben. Natürlich haben Schneestürme, Einbrechen durch Eis und ähnliche Unfälle arktischen Milieus einzelne Mammute oder auch Mammutherden und ihre Begleiter betroffen; aber so etwas konnte niemals eine ganze Art oder gar Fauna zum Aussterben bringen.

Das Aussterben des Mammuts ist eben nur ein Teilproblem in dem Phänomen des Aussterbens von Tieren überhaupt. Darum können die genannten Versuche, eine spezielle Ursache zu finden, nicht weiterhelfen. Seit es Tiere gibt, in der ganzen Erdgeschichte sind große und kleine Gruppen erloschen, erloschen manchmal wie eine Lampe, der nach und nach das Öl ausgeht: durch ungeheure Zeiträume hindurch gleichsam schwächer und schwächer, weniger und weniger werdend. Gewöhnlich läßt sich dabei die eine oder andere Überspezialisierung feststellen, die gefährlich wird und dabei weitere Entwicklung unmöglich macht. Als so äußerst spezialisierte Eigenschaften kann man beim Mammut ansehen die zahlreichen Lamellen der Backzähne mit ihrer dünn gewordenen Schmelzbedeckung, die praktisch unbenutzbar gewordenen Stoßzähne der erwachsenen Tiere, den Haarpelz, den Schwanz mit seinem Büschel langer Borstenhaare, eine besondere Hautklappe als Deckel über dem After. Mit diesem Hinweis will Tolmachoff nicht etwa eine bündige Erklärung für das Aussterben des *Elephas primigenius* gegeben haben — er will nur auch für den Fall des Mammuts feststellen, daß äußere Faktoren wie Feinde, Katastrophen, Milieu- oder Klimawechsel zwar ausnahmsweise Ausrottung herbeiführen, aber für das große Geschehen des Aussterbens keine Erklärung geben können.

Zur Geographie fossiler Säugetier-Arten. Von den lebenden Tieren hat bekanntlich jede Art ihr natürliches Lebensrevier. Es kommt sozusagen nicht vor, daß zwei Arten einer Gattung die gleiche Gegend besiedelt haben. Die Variabilität der einen Art kann noch so groß sein, der Vergleich ihrer verschiedenen Formen zeigt doch, daß es sich dabei nur um ineinander fließende graduelle Unterschiede handelt, eben um Varianten innerhalb der Fortpflanzungsgemeinschaft.

Fossile Säugetiere kommen aber gewöhnlich als einzelne Individuen, ja als Reste eines einzelnen Individuums zutage. Zwei Funde einer Tierform, die klar voneinander verschieden sind, bekommen dann meist verschiedene Artnamen, selbst wenn sie vom gleichen Fundort sind. Läßt sich aber die Paläontologie nun von den Erfahrungen der modernen Tiergeographie leiten, so muß sie zugeben, daß ihre Praxis falsch ist und einfach darauf zurückgeht, daß ihr Material nur einzelne Punkte aus der Weite einer Variationskurve bekannt gibt. Aber die Wahrscheinlichkeit ist groß, daß *alle Individuen einer Gattung aus einer Formation von einem Fundort* auch zu einer Fortpflanzungsgemeinschaft gehören — einer geographischen Art (W. D. Matthew, Range and Limitations of Species as seen in Fossil

Mammal Faunas. Bull Geol. Soc. Amer. **41**, 271–274: Proc. of the Paleontol. Soc. New York 1930).

Wirklich entsprechen Fundorte mit besonders reicher Ausbeute ganz den Erfahrungen bei rezenten Faunen. Die in dem diluvialen Asphaltsumpf Rancho la Brea in Kalifornien steckengebliebenen, nun ausgegrabenen Tausende von Säugern gehören zu *einer* Art Säbeltiger, einem Riesenwolf, einem Pferd, einem Dachs usw. Die individuelle Variation ist jeweils bedeutend, aber der Reichtum der Funde verbindet die Varianten durch Übergänge. An der Variationsbreite solch gut bekannter Fossilien von einer Lokalität oder an der von verwandten lebenden Arten sollte darum stets geprüft werden, ob ein neu gefundenes Fossil etwas anderes sein muß als eine individuelle Variante einer schon bekannten Art.

Erst bei Funden in örtlich weit getrennten Steinbrüchen tritt die Möglichkeit auf, daß man es nun mit einer anderen geographischen Art zu tun hat; auch hier soll der Wohnbereich rezenter Arten einen Anhaltspunkt dafür geben, wie weit das Gebiet der fossilen Art etwa gereicht haben mag. Aber immer noch fast willkürlich, ohne jede Hilfe von seiten der rezenten Tierforschung, sind die Namengebungen der Paläontologen da, wo ***Zeitunterschiede*** eine Rolle spielen. Auf eine besondere Schwierigkeit in diesem Punkt, die im Wesen der Paläontologie liegt, machte WÜST aufmerksam in einer gleichzeitig mit dem Artikel von MATTHEW erschienenen Arbeit (EWALD WÜST, Die Bedeutung der geographischen Rassen für die Geschichte der diluvialen Säugetiere. Paläont. Z. **12**, 6–13, 1 Abb. Berlin 1930): nämlich daß eine Form, die der Paläontologe als eine neue Mutation betrachtet und nach deren Entwicklungsgrad er unter Umständen das Alter der Fundschicht datiert, ebensogut eine längst existierende, aber z. B. durch Klimaschwankungen örtlich verschobene geographische Rasse sein kann. Auch geographische *Rassen* muß es ja, entsprechend den heutigen Verhältnissen, in der Vorzeit gegeben haben.

Geographische Rassen sind Teile von Arten, die über Länderstrecken oder Meeresteile hin besondere gemeinsame erbliche Merkmale besitzen. Ihre Fortentwicklung bedarf nicht solcher Zeiträume wie die „vertikale" Entwicklung im Stammbaum; ein Schema der Verwandtschaftsbeziehungen heute lebender geographischer Rassen gleicht eher einer Landkarte als einem Baum. Die Anwendung dieser Tatsache auf verschiedene Fossilfunde verschiedener Fundorte verbietet, verschiedene Entwicklungshöhe von Funden einer Art zur Grundlage für die Altersbeziehung der Fundschichten zu nehmen. Den *Elephas trogontherii* des mittleren Diluviums von Mitteleuropa z. B. hält WÜST für höchstwahrscheinlich eine verschobene geographische Rasse des oberpliozänen Südelefanten Europas *Elephas meridionalis*; damit wäre *E. trogontherii* viel älter und viel langlebiger gewesen, als wenn er — wie man bisher annahm — eine für eine kurze Periode der Diluvialzeit allein bezeichnende vollkommene Neubildung wäre.

Es ist aber gleichfalls im Stoff der Paläontologie begründet, daß zur Entscheidung darüber, ob eine kleine fossile Tiergruppe nun eigentlich eine geographische Rasse oder eine Mutation oder eine neue Art darstellt, praktisch kein einwandfreies Kriterium gegeben werden kann. Insbesondere kann ja gerade bei zwei geographisch weit getrennten Fundorten die für zwei geographische Rassen vorauszusetzende *Gleichaltrigkeit* der Ablagerung kaum nachgewiesen werden.

Vom Sterben der Wirbeltiere berichtet J. WEIGELTS „Nachtrag zu meinem Buch ‚Rezente Wirbeltierleichen und ihre paläobiologische Bedeutung'" in den Leopoldina, Ber. Kais. Leopoldin. Dtsch. Akad. Naturf. Halle **6**, 281–340, mit 2 Tafeln, Leipzig 1930. Jenes Buch ist in Naturwiss. **1928** besprochen. Der Nachtrag bringt neue Beispiele rezenter Wirbeltierleichen und -leichenfelder, deren Kenntnis dem Paläontologen so manches Fossil in unnatürlich scheinender Stellung, so manche reichgehäufte Ausbeute einer einzigen Gesteinsschicht erklärt. Aus der Vielheit des von WEIGELT jetzt wieder Zusammengetragenen berichten wir einige der Begleiterscheinungen des ***strengen Winters 1928/29***, welche verwertbar sind für die „Biostratomie" — die Erforschung alles dessen, was sich vom Tod bis zur Einbettung eines Tiers abspielt, vom Gesichtspunkt der Paläontologie aus.

Schon allein die deutsche Tagespresse meldete unzählige hierfür bedeutsame Vorgänge. Über 70 Tage dauerte die einheitliche Kälteperiode, die in Deutschland seit Jahrzehnten nicht beobachtete Temperaturen bis zu −40° brachte. Es erfroren sogar Haustiere und Menschen. Im Soonwald wurden 20 Rehe verendet aufgefunden, deren Schädel durch den Frost gespalten waren. Die Tiere waren nicht verhungert — die gewissenhafteste Fütterung konnte nirgends das Sterben aufhalten. So erfroren in den Waldungen des Fürsten Quaadt-Isny in Württemberg über 100 Rehe, im Eulengebirge wurde an abgelegener Stelle ein Lager von 25 erfrorenen Rehen gefunden. Aus allen Gebirgsgegenden wurde dies rudelweise Sterben der Rehe gemeldet; für den Harz allein schätzt man die Verluste auf 2000 Tiere. In Oberhof fand der Förster 9 Hirsche zusammengedrängt tot auf, bei Sylda verendeten 5 Wildschweine. Die Verluste an Kleingetier, an Vögeln, aber auch an den lebenszähen Hasen, gehen in jedem einzelnen Revier in die Hunderte. 10 Rebhühner hatten eine Rübenmiete als Schlupfwinkel vor der Kälte benutzt; herabfallende Erdmassen haben sie darin begraben. Fische hat die Kälte nicht nur direkt getötet, sie hat auch durch Lähmung des Flimmerepithels der Nasenschleimhaut die Ansiedlung parasitischer Infusorien und Pilze in der Nasenhöhle der Fische begünstigt; von diesem Angriffspunkt aus konnte das ganze Tier tödlich erkranken. Aus dem Koischwitzer See bei Liegnitz holte ein einziger Zug 8 Zentner tote Fische heraus, lebende Fische scheinen überhaupt keine mehr in dem See gewesen zu sein. In Hoyerswerda wurde in einem völlig zugefrorenen Teich ein Bestand von mindestens 1000 Karpfen vernichtet. In anderen Teichen trieben tote Fische hundertweise auf eisfreien Stellen; Frösche froren am Boden an. An der vereisten Wattenküste mußten sich die Nahrung suchenden Vögel so weit herauswagen, daß sie zu Tausenden festfroren, verhungerten, ertranken; ihre Knochen werden im Nordseeschlick fossil werden.

Überhaupt ist jede extreme Wetterlage für die Paläontologie beachtenswert. Im *wärmsten* Jahre des vorigen Jahrhunderts, 1811, drang ein Zug Flamingos durch das Rheintal bis zum Main vor. Ihre Knochen deckt also die Erde des gleichen Klimagebiets, in dem allwinterlich große Scharen nordischer Möven leben, sterben und begraben werden!

Die „Hypophyse" der Ascidien. Ascidien sind tonnenförmige Tiere des Plankton und Benthos aller Meere. Es sind Tunicaten, also Angehörige eines Stammes der Wirbellosen, welcher durch einige Ähnlichkeiten mit Wirbeltieren eine Sonderstellung im System einnimmt. Die Vorstufe zum Achsenskelett der Wirbel-

tiere, die beim Amphioxus den ganzen Rumpf durchziehende Chorda dorsalis, versteift den Schwanz der Tunicatenlarven; die Hauptzüge der fetalen Entwicklung haben die Tunicaten mit den Wirbeltieren gemeinsam, so das dorsal vom Darm liegende Nervenrohr mit Gehirnblase, dann die Atmung durch den Vorderdarm.

Aus der embryonalen Gehirnblase entsteht, dorsal oder (selten) ventral am Neuralrohr, ein Ganglion. An einer ihm gegenüberliegenden Stelle stülpt sich — meist also ventralwärts, selten stattdessen dorsalwärts — eine Drüse aus, deren noch unaufgeklärte Funktion ihr den nichtssagenden Namen *Neuraldrüse* eintrug. Sie entleert ihr Sekret in den Flimmerkanal, eine Verbindung des Neuralrohres zum Schlund.

Die Lage der Drüse, meist an der Unterseite des dem Gehirn der Wirbeltiere entsprechenden Ganglions der Ascidien, mußte an die Glandula pituitaria (Hypophyse) der Wirbeltiere erinnern, wenn auch die erwachsenen Ascidien sonst so gänzlich anders organisierte Wesen sind, wie das eben die Kluft zwischen Wirbellosen und Wirbeltieren immer zeigt. Aber nicht nur die Lage, auch die Entwicklungsgeschichte der Neuraldrüse entspricht immerhin so verblüffend einem vorübergehenden Zustand der Wirbeltierontogenie, daß doch schon öfter von der *„sogenannten Hypophyse"* der Tunicaten die Rede war. Einen Berechtigungsnachweis für diese Benennung konnte man schon deswegen nicht erbringen, weil man früher von der Funktion der Wirbeltierhypophyse fast ebensowenig wußte, wie von denen der Ascidiendrüse. Erst jetzt, nach den Forschungen der allerletzten Jahre auf dem Gebiete der inneren Sekretion konnte eine Neuuntersuchung der Neuraldrüse und Revision der bisherigen Mutmaßungen über ihre Funktion zu einem gewissen Ergebnis führen. Earl O. Butcher bucht es in „The pituitary in the ascidians (Molgula manhattensis)". — J. of exper. Zool. 57, 1—11, 2 Textfig. Philadelphia 1930 —.

Die untersuchte Drüse ist bei den größten Exemplaren von *Molgula manhattensis* 1,6 mm groß. Das Sekret entsteht darin wie in Talgdrüsen. Trotzdem ist diese Neuraldrüse als ein *lymphatisches Organ* angesehen worden. Auf den Schnitten wurden nun unter dem Mikroskop Blutkörperchen überhaupt nicht und amöboide Zellen äußerst selten gefunden, jedenfalls nicht so, wie es an einer leukocytenbildenden Stelle wie einem lymphatischen Organ der Fall sein müßte.

Die Theorie, welche der Neuraldrüse die Funktion einer *Niere* zuschreibt, wurde widerlegt durch Injektion mit 3 verschiedenen Farbstoffen, deren Verhalten zu Nieren nach Gefäßinjektion bekannt ist: Phenolrot und Trypanblau wird in den Nierenzellen aufgestaut, Indigocarmin wird eliminiert. Die Drüsen der auf verschiedene Weise injizierten Ascidien wurden zu verschiedenen Zeiträumen nach der Injektion untersucht; Ablagerung von Farbstoff wurde niemals darin gefunden. Die Farbe sammelte sich vielmehr jedesmal in der Gegend des Endes der Darmschlinge, wo sich Harnbläschen befinden sollen.

Um zu prüfen, ob die Drüse eine Art *Speicheldrüse* zum Zweck des Einfangens und Verdauens der Nahrung sei, wurden kleine Organismen auf der *Molgula* abgesammelt und in macerierte Drüsensubstanz gesetzt. Die Tierchen waren aber darin nach 12 Stunden noch ebenso lebhaft wie vorher. Die Abwesenheit jeglicher Verdauungsfermente wurde durch chemische Tests erwiesen.

Per exclusionem wird man also wieder an die „gewisse Berechtigung" verwiesen, mit der die Neuraldrüse *Hypophyse* genannt wird. Heute, wo man die spezifischen Reaktionen von Hypophysenextrakten kennt und sogar standardisiert hat, konnte auch diese Behauptung experimentell geprüft werden:

Fünfzig herauspräparierte Ascidien-Neuraldrüsen wurden getrocknet — jede wog dann nur noch 6,9 mg — und ein Auszug in Essigsäure hergestellt. In welcher Weise nun diese Lösung geprüft wurde, wird zwar nicht angegeben, aber es muß mit dem Wirbeltieruterus in situ experimentiert worden sein: Es wurde festgestellt, daß die Neuraldrüse der Ascidien das *oxytoxische* (ὀξύς schnell, τόκος Geburt: wehenbeschleunigende) *Prinzip* in ebensolcher Stärke enthält, wie entsprechend behandeltes Material von Rinderhypophysen!

Da schon für den Versuch der Wehenerzeugung das ganze vorhandene Material verbraucht wurde, konnten über Blutdruck usw. keine Angaben gemacht werden. Und wie eine Drüse mit solchen Fähigkeiten in der *Molgula* selbst funktioniert, welche Bedeutung sie für das Tier hat, konnte Butcher gleichfalls nicht feststellen. Es ist zwar leicht, die Neuraldrüse wegzuoperieren; aber es ist gar nicht gelungen, *Molgula* so lange im Aquarium lebend zu erhalten, daß der Effekt der Entfernung hätte studiert werden können.

Wenn nun also feststeht, daß die Neuraldrüse der *Molgula* außer ihrer topographischen und entwicklungsgeschichtlichen Ähnlichkeit auch noch das wehenerregende Prinzip echten Hypophysenextraktes besitzt — nähert dies die Tunicaten der Basis des Wirbeltierstammes mehr als bisher? darf man die Neuraldrüse der Ascidien mit der Glandula pituitaria der Wirbeltiere *homologisieren?* Butcher tut es in Bausch und Bogen. Aber er erinnert selbst daran, daß die richtige Hypophyse ein zusammengesetztes Organ ist, von welchem ein Teil aus dem Ektoderm der Mundhöhle entsteht, und zwar ist dies gerade die eigentliche Hypophysen*drüse*; der andere Teil, der, wie die Ascidiendrüse, aus dem Nervenrohr ausgestülpt wird, ist die *Pars nervosa* der Hypophyse, wenn sie auch gleichfalls innersekretorisch wirkt. Der Entwicklungsgeschichte nach besitzen die Ascidien jedenfalls nur ein diesem neuralen Teil, dem „Hinterlappen" der menschlichen Topographie homologes Gebilde. Dieser Hinterlappen ist es aber auch ganz allein, dessen Extrakt die oxytoxische Wirkung auf die Uteruskontraktion besitzt, und so kommt zu der Homologie eine überzeugende Analogie.

Daß also 1. die Neuraldrüse der Ascidien und die Pars nervosa der Wirbeltierhypophyse beide aus dem Nervenrohr entstehen, 2. beide nahe dem Vorderende des Neuralrohres liegen, 3. (und das ist eben das Neue) beide eine wehenerregende Substanz enthalten, faßt Butcher — ohne freilich die normale Funktion der Neuraldrüse zu kennen — kurz dahin zusammen: *The gland is unquestionably a pituitary* und infolgedessen: This is probably the most primitive pituitary in the animal kingdom. Tilly Edinger.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.